# ÜBER DIE EFFEKTIVITÄT VON AGGREGATEN BEI DER MÜLLAUFBEREITUNG

DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Naturwissenschaften

der Fakultät für Chemie und Pharmazie
der Eberhard - Karls - Universität zu Tübingen

vorgelegt von
ROLAND BLESSING
aus Holzgerlingen

1987

# ÜBER DIE EFFEKTIVITÄT VON AGGREGATEN BEI DER MÜLLAUFBEREITUNG

DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Naturwissenschaften

der Fakultät für Chemie und Pharmazie
der Eberhard - Karls - Universität zu Tübingen

vorgelegt von
ROLAND BLESSING
aus Holzgerlingen

1987

Tag der mündlichen Prüfung 3. Juli 1987

Dekan : Prof. Dr. D. Mecke

1. Berichterstatter : Prof. Dr. P. Krauß

2. Berichterstatter : Prof. Dr. H. Hagenmaier

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit vom Januar 1985 bis April 1987 unter Leitung von Prof. Dr. P. Krauß am Institut für Organische Chemie der Universität Tübingen durchgeführt.

Mein besonderer Dank gilt meinem Lehrer Prof. Dr. P. Krauß für sein stetes Interesse, seine Anregungen und Hilfsbereitschaft und das angenehme Arbeitsklima. Meinen Kollegen Ulrich Korherr, Klaus Kümmerer, Johannes Mayer und Martin Völker danke ich für ihre Hilfsbereitschaft. Desweiteren danke ich Herrn Prof. Dr. H. Hagenmaier für die Erlaubnis zur Benutzung von Geräten. Die Firmen ORFA-AG und Saarberg-Fernwärme GmbH ermöglichten die Probenahmen in den Anlagen.

Für Beate

# I N H A L T S V E R Z E I C H N I S


| | | Seite |
|---|---|---|
| 1. | Einleitung | 1 |
| 2. | Untersuchte Anlagen | 4 |
| 2.1. | ORFA Pilotanlage Leibstadt | 4 |
| 2.1.1. | Verfahrensstammbaum und Probenahmestellen | 4 |
| 2.1.2. | Beschreibung der maßgeblichen Aggregate | 8 |
| 2.2. | Bundesmodell Abfallverwertung Dußlingen | 9 |
| 2.2.1. | Verfahrensstammbaum und Probenahmestellen | 9 |
| 2.2.2. | Beschreibung der maßgeblichen Aggregate | 12 |
| 3. | Ergebnisse | 14 |
| 3.1. | ORFA Prozeß | 14 |
| 3.1.1. | Schwermetallkonzentrationen nach den Aggregaten | 14 |
| 3.1.1.1. | Absaugung des Mülls nach Vorzerkleinerung | 15 |
| 3.1.1.2. | Siebung des getrockneten Mülls | 21 |
| 3.1.1.3. | Windsichtung der Siebfraktionen | 26 |
| 3.1.1.4. | Schwermetallreduktion durch Siebung und Windsichtung | 31 |
| 3.1.1.5. | Gesamtdarstellung der Schwermetallkonzentrationen | 37 |
| 3.1.1.6. | Berechnung der theoretischen Probenzahl | 43 |
| 3.1.1.7. | Testlauf mit neuer Konfiguration | 51 |
| 3.1.2. | Wassergehalt | 61 |
| 3.1.3. | Ozonisierung organischer Verbindungen | 62 |
| 3.2. | Bundesmodell Abfallverwertung Dußlingen | 76 |
| 3.2.1. | Schwermetalle | 76 |
| 3.2.1.1. | Konzentrationen nach den Einzelaggregaten | 76 |
| 3.2.1.2. | Gesamtdarstellung der Konzentrationen | 86 |
| 3.2.1.3. | Berechnung der theoretischen Probenzahl | 93 |
| 3.2.2. | Wassergehalt | 99 |
| 3.2.3. | Glühverlust | 100 |

| | | |
|---|---|---|
| 3.2.4. | Chlorgehalt | 102 |
| 3.2.5. | Materialflüsse, Frachtendarstellungen im Bereich Verfahrenshalle und Feinaufbereitung | 104 |
| 4. | Diskussion der Ergebnisse | 111 |
| 5. | Zusammenfassung | 123 |
| 6. | Experimenteller Teil | 124 |
| 6.1. | Probenahme | 124 |
| 6.2. | Probenaufbereitung | 126 |
| 6.3. | Aufschluß | 127 |
| 6.4. | Bestimmung der Schwermetalle | 128 |
| 6.5. | Glühverlust | 128 |
| 6.6. | Chlorbestimmung | 128 |
| 6.7. | PCB's und Pesticide | 129 |
| 6.8. | Flüchtige organische Verbindungen | 130 |
| 7. | Anhang | 133 |
| 7.1. | Ausreißertest nach Grubbs | 133 |
| 7.2. | Tabellenanhang | 134 |
| 8. | Literatur | 179 |

# 1. EINLEITUNG

Auf dem Hintergrund der sich besonders in Ballungsgebieten verknappenden Deponieflächen werden Anstrengungen unternommen, die wiederverwertbaren Bestandteile des Mülls einer stofflichen Nutzung zuzuführen. Da die organische Masse mit 42.4 % den Hauptanteil des Hausmülls darstellt (Bundesweite Hausmüllanalyse <1>) - und bezieht man den Papiergehalt mit ein, so erhöht sich der rottbare Anteil auf 62.3 Prozent - liegt es nahe, diesen Hauptmassenträger durch Kompostierung zu verwerten.

Ein Verfahren, das allein den organischen Anteil des Hausmülls und hausmüllähnlichen Gewerbemülls verwertet, kann demzufolge die zu deponierende Menge auf ca. 40 % reduzieren.

Um so erstaunlicher ist es, daß in der BRD nur etwa 3 % des Hausmülls über Kompostierungsanlagen entsorgt wird, während ca. 70 % deponiert und 27 % der Verbrennung in Müllverbrennungsanlagen zugeführt werden <2>. Die Qualität der erzeugten Müllkomposte und daraus folgende Absatzschwierigkeiten können als Ursachen dieses Tatbestands gedeutet werden.

Herkömmliche Kompostierungsanlagen wenden folgende Verfahrensschritte an <3> :

* Eliminierung von magnetischem Material
* Abtrennung des Überkorns > 40 mm über eine Siebraspel
* Feinaufbereitung des Komposts (z.B. Hartstoffabscheider).

Darüberhinaus wird versucht, über öffentliche Schadstoffsammlungen die Schwermetallfracht im Müll zu reduzieren.

Der Vergleich mit den natürlichen Schwermetallgehalten in Böden und den Kloke-Werten macht den hohen Schwermetallgehalt der in traditionellen Kompostierungsanlagen erzeugten Komposte deutlich.

Tabelle 1 : Schwermetallgehalt europäischen Müllkomposts und natürliche Bodenbelastung (mg/kg Trockensubstanz)

| | natürliche Geh. in Böden <2> | Kloke-Werte <3> | BRD 76/81 <4> (n=207) | Frankreich 84 <5> (n=61) | Rom 82 <6> (n=12) |
|---|---|---|---|---|---|
| Pb | 2-60 | 100 | 513 | 447 | 324 |
| Cu | 4-40 | 100 | 274 | 322 | 475 |
| Cd | < 0.5 | 3 | 5.5 | 3.9 | 4.2 |
| Zn | 10-80 | 300 | 1570 | 1054 | 964 |
| Cr | 5-100 | 100 | 71 | 109 | 108 |
| Ni | 5-50 | 50 | 45 | 71 | 33 |
| Hg | < 0.5 | 2 | 2.4 | 3.9 | 3.1 |

Die Ausbringung der Müllkomposte erfolgt nach den Richtlinien des Merkblatts M 10 (in Anlehnung an die Klärschlammverordnung) um die Akkumulation der Schwermetalle im Boden zu begrenzen. Wird für ein Metall der entsprechende Kloke-Wert im Boden erreicht, dann darf keine Kompostanwendung erfolgen (Ausnahmen sind jedoch möglich). Durch die Orientierung an Grenzwerten und Gesamtschwermetallgehalten werden allerdings die sorptionsbestimmenden Bodenparameter (z.B. pH-Wert, Gehalt an Tonmineralien), die sich auf die Pflanzenverfügbarkeit und Phytotoxizität der Schwermetalle auswirken, außer Betracht gelassen <7>. Für saure, pufferarme Böden sind die Bodengrenzwerte vor allem bei den mobilen Schwermetallen Cadmium und Zink zu hoch angesetzt <8>.

Die Anreicherung toxischer Schwermetalle in Nutzpflanzen, sowie

das Auftreten von Wachstumsdepressionen durch schwermetallkontaminierte Böden wurde durch zahlreiche Untersuchungen nachgewiesen <9-12>.

Da gegenwärtig die Schwermetallgehalte den limitierenden Faktor für die Ausbringung der Müllkomposte darstellen, wurde in dieser Arbeit am Beispiel zweier Müllaufbereitungsanlagen untersucht, ob es heute technisch möglich ist, durch geeignete Verfahrensschritte aus dem komplexen Gemisch Haus- und hausmüllähnlichem Gewerbemüll schwermetallarmen Kompost zu erzeugen.

Ein durch Vorurteile belegtes Recyclingprodukt aus Müll, wie es Müllkompost nun einmal darstellt, wird sich nur durch akzeptable Schadstoffgehalte auf Dauer am Markt behaupten können. Nur bei Erreichen niedriger Schwermetallgehalte ist aufgrund der Anwendungsbeschränkungen dieser Entsorgungspfad zur Entlastung der Deponien ausbaufähig.

## 2. UNTERSUCHTE ANLAGEN

Untersuchungsgegenstand waren zwei Müllaufbereitungsanlagen, die sowohl Hausmüll als auch hausmüllähnliche Gewerbeabfälle zur Erzeugung verwertbarer Produkte verarbeiten.

Den untersuchten Anlagen ORFA-Leibstadt und dem Bundesmodell Dußlingen liegen unterschiedliche Verfahrensschritte zugrunde, mit dem gemeinsamen Ziel, einen möglichst großen Anteil des verarbeiteten Mülls einer Wiederverwertung zuzuführen. Dies ist untrennbar mit der erzeugten Produktqualität also auch mit den Schadstoffgehalten verknüpft.
Nachstehend seien die Anlagen mit der ihnen zugrunde liegenden Technologie beschrieben.

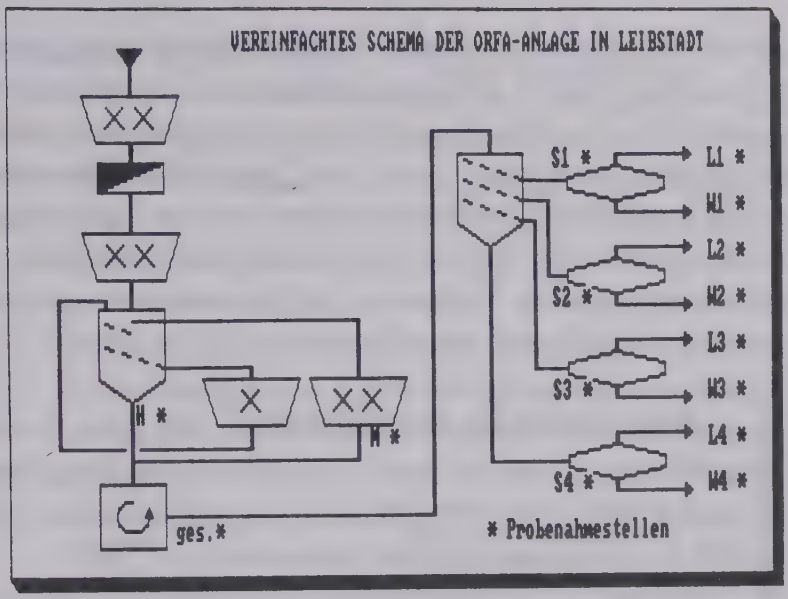
### 2.1. ORFA Leibstadt

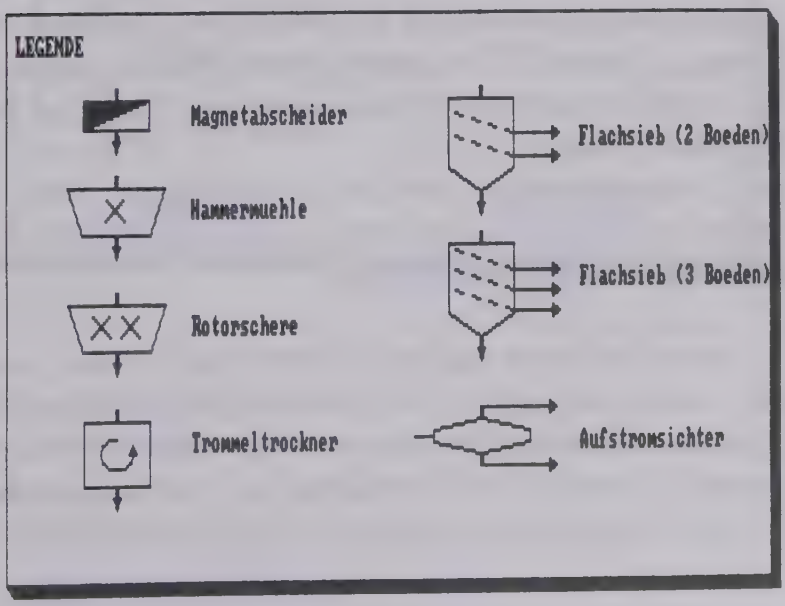
Die Pilotanlage ORFA (Organ. Faser) Leibstadt ist seit Herbst 1981 in Betrieb mit einem Durchsatz von 1 to Müll pro Stunde <13>. Für den Beprobungszeitraum vom Dezember 1984 bis Oktober 1985 kam die im folgenden geschilderte Aufbereitungstechnologie zum Einsatz. Die Abbildungen 1-3 geben die maßgeblichen Aggregate schematisch wieder.

#### 2.1.1. Verfahrensstammbaum und Probenahmestellen

Aus dem Eingangsmüll wird nach der ersten Vorzerkleinerung mit einer Rotorschere mittels Magnetabscheider Eisenschrott abgetrennt. Anschließend passiert das Material eine weitere Rotor-

Abb. 1-2


VEREINFACHTES SCHEMA DER ORFA-ANLAGE IN LEIBSTADT
S1 *
L1 *
M1 *
L2 *
S2 *
M2 *
L3 *
S3 *
M3 *
L4 *
S4 *
M4 *
H *
M *
ges.*
* Probenahmestellen


LEGENDE
Magnetabscheider
Hammermuehle
Rotorschere
Trommeltrockner
Flachsieb (2 Boeden)
Flachsieb (3 Boeden)
Aufstromsichter

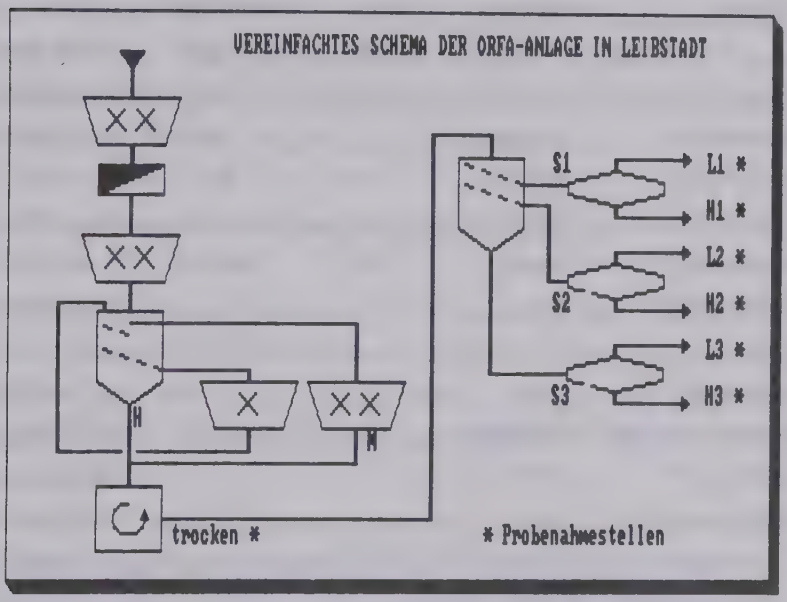
schere und wird über ein Flachsieb mit 25x25mm und 8x8mm Lochung und eine über dem Sieb befindliche Absaugung in zwei Stränge aufgeteilt. Die resultierende Schwerfraktion wird mit einer Hammermühle, die Leichtfraktion mit einer Messermühle zerkleinert (Probenahmefraktionen "Hammer" u."Messer") und nach ihrer Vereinigung bei etwas über 100 Grad C im Trommeltrockner getrocknet. Die Probenahmefraktion "trocken" ist mit dem Gesamtmüll abzüglich des bereits abgetrennten magnetischen Materials identisch.

Nach der Ozonisierung wird der Stoffstrom über drei Siebe in vier Siebfraktionen > 2 mm, 1-2 mm, 0.5-1 mm und < 0.5 mm aufgetrennt (Probenahmefrakt. "S1","S2","S3","S4") und jeweils separat der Windsichtung mit Zickzacksichtern unterworfen.
Es resultieren vier Schwerfraktionen ("W1","W2","W3","W4") und vier Leichtfraktionen ("L1","L2","L3","L4").
Die Leichtfraktionen finden als Ausgangsmaterial für die Kompostierung und zur Herstellung von BRAM-Pellets Verwendung und können zur Erzeugung der Prozeßwärme eingesetzt werden. Desweiteren können Pressprodukte wie Faserplatten unter Zusatz von Leim hergestellt werden.
Als Verwendungsmöglichkeiten der Schwerfraktionen wird der Einsatz als Zuschlag- und Füllstoff bei der Kunststein- und Gartenplattenherstellung genannt <13>.

Im Herbst 1986 wurden Aggregate der ORFA Anlage Leibstadt verändert und neu konfiguriert. An Stelle des Schwingsiebs und der Zickzacksichter traten Meiersichter mit Aufstromwindsichtung. Der Gesamtmüll "trocken" wird nach Passieren der Ozonisierungstrommel in drei Fraktionen "S1" (> 3.5 mm), "S2" (3.5-1 mm) und "S3" (< 1

mm) abgesiebt und anschließend im Aufstrom windgesichtet.
Es resultieren drei Schwerfraktionen ("W1","W2" und "W3") und drei Leichtfraktionen ("L1","L2" und "L3").
Folgendes Verfahrensschema gibt den aktuellen Stand der ORFA Anlage wieder.

Abb. 3



### 2.1.2. Beschreibung der maßgeblichen Aggregate

Die für den Aufbereitungsprozeß maßgeblichen Aggregate, die im Untersuchungszeitraum Dezember 1984 bis April 1987 eingesetzt waren, seien hier kurz beschrieben <57>.

Tabelle 2: Aggregate der ORFA-Anlage

| Aggregat | Hersteller | Typ | Nennleistung Fluß to/h | realer Fluß to/h |
|---|---|---|---|---|
| Messermühle | Pallmann | | 0.5 | 0.3-0.5 |
| Hammermühle | Bremey | 33 | 0.5 | 0.3-0.5 |
| Trommeltrockner | Eigenbau | | 1 | 0.6-1 |
| Ozongenerator | Sander | 311 | 160 g/h | 40 g/h |
| Ozonisierungs-trommel | Kunz | | 1 | 0.4-0.8 |
| Schwingsieb # | Meier | | 1 | 0.4-0.8 |
| Zickzack Sichter # | Eigenbau | | je 0.25 | je 0.1-0.2 |
| Siebstufe * | Meier | | 1 | je 0.4-0.8 |
| Aufstromsichter * | Meier | | je 0.33 | je 0.2-0.3 |

# Konfiguration bis Herbst 1986

* Konfiguration seit Januar 1987

## 2.2. Bundesmodell Abfallverwertung Dußlingen

Die Konzeption des Bundesmodells Abfallverwertung Dußlingen geht davon aus, daß sich durch Klassieren des zunächst unzerkleinerten Mülls unter Abtrennung einer Feinfraktion eine relativ schwermetallarme Kompostrohfraktion gewinnen läßt <14-16>.

Die Bundesmodellanlage, deren Betreiber die Saarberg Fernwärme ist, ging im April 1985 in den Probebetrieb. Im Zweischichtbetrieb sollen nach der Optimierungsphase 180.000 t/a Müll verarbeitet werden. Als wichtigste Produkte seien Kompost, BRAM, Eisenschrott, Papier, Pappe und Kunststoffe genannt.

### 2.2.1. Verfahrensbeschreibung und Probenahmestellen

Das Aufbereitungsverfahren läßt sich in den Bereich "Verfahrenshalle" (Klassierung von Haus- und Gewerbemüll in zunächst separaten Stängen) und die "Feinaufbereitung", bei der die gerottete Kompostfraktion von Siebüberlauf und Hartstoffen befreit wird, untergliedern.

Wesentliches Merkmal des Verfahrens ist, daß der zunächst unzerkleinerte Müll im Primärsieb in drei Siebfraktionen (>300 mm, 100-300 mm und < 100 mm) aufgetrennt wird. Der Siebüberlauf gelangt über eine Handlesestrecke. Papier, Kartonagen und Kunststoffe werden manuell aussortiert. Die Fraktion 100-300 mm wird einem PLM Ballistiksichter oder der Papier/Kunststofftrennung zugeführt. Die Leichtfraktion des PLM Sichters wird zu BRAM verpreßt, die Schwerfraktion muß deponiert werden. Zum Zeitpunkt der Probenahmen war die Papier/Kunststofftrennung noch nicht in

Abb. 4-5

Verfahrensschema

Verfahrensschema Humusproduktion

Betrieb. Nach deren Inbetriebnahme wurden die Siebschnitte der Primärsiebung geändert (> 200 mm, 100-200 mm und < 100 mm). Die Siebfraktion < 100 mm passiert einen Magnetabscheider und wird dann in der Sekundärsiebtrommel in die Fraktionen < 60 mm und 60-100 mm aufgetrennt. Die Fraktion 60-100 mm wird dem PLM Sichter also der Brennstofflinie zugeführt, während aus der Fraktion < 60 mm mit einem Spannwellensieb die Korngröße < 20 mm (früher < 10 mm) abgetrennt wird, die deponiert wird.
Die Fraktion 20-60 mm bzw. 10-60 mm (Kompostrohmasse) passiert einen weiteren Magnetabscheider und gelangt über eine Bandwaage mittels Förderbändern in die Homogenisierungstrommel. Dem Kompostierungsmaterial können Zuschlagstoffe zugegeben werden, bevor es über Fördereinrichtungen und automatische Abwurfwagen auf Mieten aufgeschüttet wird. Die Kompostierung wird nach dem Bühler-Verfahren durchgeführt. Nach vier Umsetzungen wird der Kompost in der Feinaufbereitung von Störstoffen befreit.
Die Probenahmestellen sind mit einem Stern "*" gekennzeichnet.

Nach der Rotte wird das Rohmaterial mit einem Schaufellader in den Kastenbeschicker (Probenahmestelle "KB") befördert, von wo es einen Knollenauflöser passiert und dann einem Trommelsieb zugeführt wird, mit dem die Fraktionen < 25 mm, < 16 mm und < 8 mm abgesiebt werden können. Die gängige Absiebung ist die Feinabsiebung < 8 mm.
Der Siebüberlauf wird deponiert. Nach der Siebung werden mit dem Hartstoffabscheider hauptsächlich Glas und Steine eliminiert und der Feinkompost wird auf die Nachrotteplatte im Freien aufgesetzt.

### 2.2.2. Beschreibung der maßgeblichen Aggregate

Die für den Trennvorgang eingesetzten, entscheidenden Aggregate seien hier kurz charakterisiert.

Tabelle 3: Aggregate der Recyclinganlage Dußlingen
Verfahrenshalle

| Aggregat | Hersteller | Typ | Nennleistung Fluß to/h | realer Fluß to/h (1) | (2) | (3) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Primär-siebtrommeln | Bühler-Miag | ZSR-48 | je 25 | je 13 | 13 | 23 |
| Sekundär-siebtrommel | Bühler-Miag | ZSR-28 | 26 | 20 | 20 | 42 |
| Spannwellen-siebe | Liwell | LSF 20-26 ED | je 18 | je 17 | 17 | 29 |
| Ballistik-Separator | PLM | Mark IV | 8 | 7 | 7 | 12 |

(1) 24.10.85
(2) 17. 1.86
(3) 4. 7.86

Die Mittelwerte der Tonnagen wurden aus der gefahrenen Tagescharge beider Primärsiebtrommeln bei den durchgeführten Probenahmen berechnet, und die daraus resultierenden Flüsse für die einzelnen Stränge wurden aus der bekannten Massenverteilung ermittelt.

Fortsetzung Tabelle 3

Feinaufbereitung

| Aggregat | Hersteller | Typ | Nennleistung Fluß to/h | realer Fluß to/h |
|---|---|---|---|---|
| Trommelsieb | Bühler-Miag | ZSR-24 | 21 | 15 - 17 |
| Hartstoffausleser | Bühler-Miag | MTSB-150 | je 6.5 <56> | je 4 - 5 <56> |

# 3. ERGEBNISSE

## 3.1. ORFA Prozeß

### 3.1.1. Schwermetallkonzentrationen nach den Aggregaten

Metalle, die im Müll in unterschiedlicher Häufigkeit in Form metallischer Partikel und als Gegenstände vorkommen (z.B. Flaschenkappen aus Blei, Bruchstücke von Bleigittern aus Akkumulatoren, Messingformteile wie Schrauben, Kugelschreiberminen, Patronenhülsen, Reißverschlußglieder usw. wurden identifiziert <17,18>) führen bei der Schwermetallbestimmung zu starken Schwankungen der Schwermetallgehalte der untersuchten mengenmäßig begrenzten Proben. Dies trifft vor allem für Blei, Kupfer und Zink, in geringerem Maße auch für Nickel zu. Darüber hinaus hat die Korngröße einen Einfluß auf die Streubreite der Meßwerte.

Aus der Inhomogenität des Untersuchungsmaterials resultieren deshalb oftmals Standardabweichungen, die über den Werten der Mittelwerte liegen. Zur Beurteilung der Effektivität der untersuchten Aggregate stellt der Vergleich der bereinigten Mittelwerte der Schwermetallgehalte der Müllfraktionen (ermittelt durch Eliminierung der Ausreißer nach Grubbs Kap. 7.1.) die verläßlichere Basis dar, da die Zufälligkeit vorhandener Metallteile oftmals zu hohen Streuungen der Meßwerte führt.

In folgenden Tabellen sind deshalb für die Schwermetallgehalte die unbereinigten Mittelwerte mit Standardabweichungen den bereinigten Mittelwerten mit zugehöriger Standardabweichung gegenübergestellt. Die Differenz der Probenzahlen ergibt die Anzahl der eliminierten Ausreißer.

### 3.1.1.1. Absaugung des nicht getrockneten Mülls nach Vorzerkleinerung

Die Gesamtmittelwerte der Schwermetallgehalte der durch Absaugung aufgetrennten Fraktionen "Hammer" (nicht flugfähig) und "Messer" (flugfähig) sind denen des Gesamtmülls "trocken" gegenübergestellt. Die Fraktion "trocken" entspricht dem Müllinput abzüglich des abgetrennten magnetischen Anteils (Vgl. Kap. 2.1.1. bezüglich der Probenahmestellen).

Tabelle 4: Bleigehalt (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| | trocken | Hammer | Messer |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 436 | 1418 | 226 |
| Stdabw. | 403 | 1208 | 211 |
| n | 54 | 45 | 45 |
| | | | |
| Gesamtmittel * | 259 | 633 | 112 |
| Stdabw. * | 145 | 487 | 59 |
| n | 49 | 39 | 38 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Tabelle 5: Kupfergehalte (mg/kg Trockensubstanz)

| | trocken | Hammer | Messer |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 779 | 2093 | 325 |
| Stdabw. | 769 | 1723 | 320 |
| n | 54 | 45 | 45 |
| | | | |
| Gesamtmittel * | 546 | 1817 | 261 |
| Stdabw. * | 383 | 1175 | 218 |
| n | 48 | 43 | 42 |

Tabelle 6: Cadmiumgehalte (mg/kg Trockensubstanz)

| | trocken | Hammer | Messer |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 7.0 | 16.5 | 6.9 |
| Stdabw. | 4.2 | 30.7 | 7.2 |
| n | 54 | 45 | 45 |
| | | | |
| Gesamtmittel * | 5.9 | 5.0 | 4.2 |
| Stdabw. * | 2.6 | 2.2 | 2.3 |
| n | 49 | 37 | 38 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Tabelle 7: Zinkgehalte (mg/kg Trockensubstanz)

| | trocken | Hammer | Messer |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 780 | 1817 | 523 |
| Stdabw. | 371 | 1468 | 221 |
| n | 54 | 45 | 45 |
| | | | |
| Gesamtmittel * | 750 | 1516 | 523 |
| Stdabw. * | 298 | 935 | 221 |
| n | 53 | 42 | 45 |

Tabelle 8: Chromgehalte (mg/kg Trockensubstanz)

| | trocken | Hammer | Messer |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 120 | 196 | 116 |
| Stdabw. | 74 | 135 | 119 |
| n | 54 | 45 | 45 |
| | | | |
| Gesamtmittel * | 116 | 179 | 86 |
| Stdabw. * | 68 | 109 | 65 |
| n | 53 | 43 | 41 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Tabelle 9: Nickelgehalte (mg/kg Trockensubstanz)

| | trocken | Hammer | Messer |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 68 | 174 | 30 |
| Stdabw. | 69 | 130 | 16 |
| n | 54 | 45 | 45 |
| Gesamtmittel * | 48 | 148 | 30 |
| Stdabw. * | 23 | 59 | 16 |
| n | 49 | 42 | 45 |

Tabelle 10: Quecksilbergehalte (mg/kg Trockensubstanz)

| | trocken | Hammer | Messer |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 0.6 | 1.6 | 0.3 |
| Stdabw. | 0.7 | 4.6 | 0.3 |
| n | 54 | 45 | 45 |
| Gesamtmittel * | 0.4 | 0.4 | 0.3 |
| Stdabw. * | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| n | 51 | 36 | 44 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Tabelle 11: Eisengehalte (mg/kg Trockensubstanz)

| | trocken | Hammer | Messer |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 3229 | 5562 | 2817 |
| Stdabw. | 1340 | 2620 | 1455 |
| n | 54 | 45 | 45 |
| Gesamtmittel * | 3150 | 5562 | 2817 |
| Stdabw. * | 1221 | 2620 | 1455 |
| n | 53 | 45 | 45 |

* ausreißerbereingt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Auf die Messerfraktion entfallen ca. 75 % des Gesamtmülls ohne magnetische Anteile, ca. 25 % auf die Hammerfraktion.

Durch die Absaugung des flugfähigen Materials ("Messer") werden folgende Reduzierungen der Schwermetallgehalte in Prozent im Jahresmittel erreicht :

| | nicht bereinigt | bereinigt |
|---|---|---|
| - Pb | 48.2 | 56.8 |
| - Cu | 58.3 | 52.2 |
| - Cd | 1.4 | 28.8 |
| - Zn | 33 | 30.3 |
| - Cr | 3.3 | 25.9 |
| - Ni | 55.9 | 37.5 |
| - Hg | 50 | 25 |
| - Fe | 12.8 | 10.6 |

Würde man diesen einfachen Verfahrensschritt zur Abtrennung der Schwerfraktion (nicht flugfähig) einsetzen, so ist beim Blei- und Kupfergehalt eine Halbierung in der resultierenden Leichtfraktion zu erreichen. Bei den anderen untersuchten Schwermetallen ist der Trenneffekt schwächer ausgeprägt. Die Trennschärfe ist durch den Wassergehalt (ca. 40 %) und die Korngrößenverteilung, sowie die Einschleppung von Haftkorn nicht optimal.

In der ORFA-Anlage dient die Trennung in die Hammer- und Messerfraktionen zur besseren Zerkleinerung und Schonung der Mahlaggregate Hammer- bzw. Messermühle. Darüberhinaus soll der Eintrag von Metallen aus Schwergut in das Leichtgut durch die intensive Beanspruchung während der Mahlvorgänge in den Mühlenschnelläufen vermieden werden.

Die beiden Fraktionen werden vor der Trocknung und Ozonisierung wieder vereinigt.

### 3.1.1.2. Siebung des getrockneten Mülls

Über ein Schwingsieb wird der zerkleinerte Müll in die Siebfraktionen "S1" (>2mm),"S2" (1-2mm), "S3" (0.5-1mm) und "S4" (<0.5mm) abgesiebt.

Tabelle 12: Bleigehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | S2 | S3 | S4 |
|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 184 | 625 | 871 | 619 |
| Stdabw. | 327 | 682 | 939 | 639 |
| n = 54 | | | | |
| Ges.mittel* | 118 | 446 | 654 | 382 |
| Stdabw.* | 73 | 295 | 476 | 155 |
| n | 50 | 49 | 50 | 46 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Tabelle 13: Kupfergehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | S2 | S3 | S4 |
|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 354 | 1838 | 3215 | 1053 |
| Stdabw. | 395 | 1979 | 3871 | 1044 |
| n = 54 | | | | |
| Ges.mittel* | 209 | 1464 | 2188 | 784 |
| Stdabw.* | 152 | 1173 | 1733 | 539 |
| n | 46 | 51 | 49 | 49 |

Tabelle 14: Cadmiumgehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | S2 | S3 | S4 |
|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 6.4 | 6.5 | 9.0 | 9.4 |
| Stdabw. | 3.7 | 3.1 | 14.1 | 12.7 |
| n = 54 | | | | |
| Ges.mittel* | 6.4 | 6.3 | 5.3 | 5.3 |
| Stdabw.* | 3.7 | 2.6 | 2.4 | 2.0 |
| n | 54 | 53 | 50 | 48 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Tabelle 15: Zinkgehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | S2 | S3 | S4 |
|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 609 | 937 | 1179 | 971 |
| Stdabw. | 364 | 462 | 681 | 472 |
| n = 54 | | | | |
| Ges.mittel* | 575 | 909 | 1135 | 942 |
| Stdabw.* | 267 | 421 | 607 | 427 |
| n | 53 | 53 | 53 | 53 |

Tabelle 16: Chromgehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | S2 | S3 | S4 |
|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 91 | 106 | 146 | 116 |
| Stdabw. | 64 | 47 | 84 | 86 |
| n = 54 | | | | |
| Ges.mittel* | 83 | 106 | 146 | 116 |
| Stdabw.* | 50 | 47 | 84 | 86 |
| n | 52 | 54 | 54 | 54 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Tabelle 17: Nickelgehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | S2 | S3 | S4 |
|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 26 | 85 | 137 | 99 |
| Stdabw. | 14 | 55 | 69 | 69 |
| n = 54 | | | | |
| Ges.mittel* | 26 | 76 | 132 | 81 |
| Stdabw.* | 14 | 42 | 58 | 39 |
| n | 54 | 51 | 53 | 49 |

Tabelle 18: Quecksilbergehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | S2 | S3 | S4 |
|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 1.3 |
| Stdabw. | 0.6 | 0.4 | 0.6 | 1.6 |
| n = 54 | | | | |
| Ges.mittel* | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.9 |
| Stdabw.* | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.8 |
| n | 51 | 51 | 49 | 49 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Tabelle 19: Eisengehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | S2 | S3 | S4 |
|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 2191 | 3620 | 4240 | 5335 |
| Stdabw. | 820 | 1824 | 1788 | 2314 |
| n = 54 | | | | |
| Ges.mittel* | 2191 | 3478 | 4240 | 5335 |
| Stdabw.* | 820 | 1517 | 1788 | 2314 |
| n | 54 | 53 | 54 | 54 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Die grobe Siebfraktion ist bei allen Metallen am wenigsten belastet. Dies gilt sowohl für die bereinigten als auch unbereinigten Mittelwerte. Bei Blei, Kupfer und Chrom ist die Trennwirkung am deutlichsten ausgeprägt. Am geringsten ist die Trennleistung bei Cadmium und Quecksilber. Die Schwermetallverteilung der Siebfraktionen folgt, Quecksilber, Eisen und Cadmium ausgenommen, nachstehender Gesetzmäßigkeit: S1 < S2 < S3 > S4. Für Eisen dagegen gilt: S1 < S2 < S3 < S4. Quecksilber : S1 = S2 = S3 < S4. Quecksilber liegt durch den Aufbereitungsprozeß fein verteilt vor und wird bevorzugt in der feinsten Siebfraktion gefunden. Cadmium dagegen wird vorwiegend über Kunststoffe (Pigmente, Stabilisatoren) in den groben Siebfraktionen angereichert <19>. Cadmium : S1 = S2 > S3 = S4.

Vergleicht man die Werte der Gesamtfraktion "trocken" mit denen

der groben Siebfraktion (55 % Massenanteil) dann ergibt sich eine unzureichende Abminderung der Schwermetallgehalte durch Siebung allein. Cadmium reichert sich gegenüber dem Gesamtmüll in der groben Siebfraktion an. Die Einschleppungsquellen sind Kunststoffolien und Hartplaste <20>.

### 3.1.1.3. Windsichtung der Siebfraktionen

Jede Siebfraktion wird separat einer Windsichtung mit Zickzacksich-tern unterworfen. Es resultieren vier Schwerfraktionen ("W1", "W2", "W3" und "W4") und vier Leichtfraktionen ("L1", "L2", "L3" und "L4"). Aus den Gehalten von S1 und L1 bzw. S2 und L2 lassen sich die Reduktionen durch die Windsichtung errechnen.

Tabelle 20: Bleigehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | L1 | Redukt% | S2 | L2 | Redukt.% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 184 | 106 | 42.4 | 625 | 173 | 72.3 |
| Stdabw. | 327 | 138 | | 682 | 200 | |
| n = 54 | | | | | | |
| Ges.mittel* | 118 | 73 | 38.1 | 446 | 105 | 76.5 |
| Stdabw.* | 73 | 31 | | 295 | 37 | |
| n | 50 | 49 | | 49 | 43 | |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Tabelle 21: Kupfergehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | L1 | Redukt.% | S2 | L2 | Redukt.% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 354 | 108 | 69.5 | 1838 | 216 | 88.3 |
| Stdabw. | 395 | 66 | | 1979 | 165 | |
| n = 54 | | | | | | |
| Ges.mittel* | 209 | 104 | 50.2 | 1464 | 186 | 87.3 |
| Stdabw.* | 152 | 59 | | 1173 | 112 | |
| n | 46 | 53 | | 51 | 51 | |

Tabelle 22: Cadmiumgehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | L1 | Redukt.% | S2 | L2 | Redukt.% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 6.4 | 3.3 | 48.4 | 6.5 | 4.4 | 32.3 |
| Stdabw. | 3.7 | 2.2 | | 3.1 | 2.1 | |
| n = 54 | | | | | | |
| Ges.mittel* | 6.4 | 3.3 | 48.4 | 6.3 | 4.4 | 30.2 |
| Stdabw.* | 3.7 | 2.2 | | 2.6 | 2.1 | |
| n | 54 | 54 | | 53 | 54 | |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Tabelle 23: Zinkgehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | L1 | Redukt.% | S2 | L2 | Redukt.% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 609 | 499 | 18.1 | 937 | 524 | 44.1 |
| Stdabw. | 364 | 360 | | 462 | 247 | |
| n = 54 | | | | | | |
| Ges.mittel* | 575 | 447 | 22.3 | 909 | 524 | 42.4 |
| Stdabw.* | 267 | 217 | | 421 | 247 | |
| n | 53 | 52 | | 53 | 54 | |

Tabelle 24: Chromgehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | L1 | Redukt.% | S2 | L2 | Redukt.% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 91 | 69 | 24.2 | 106 | 63 | 40.6 |
| Stdabw. | 64 | 48 | | 47 | 27 | |
| n = 54 | | | | | | |
| Ges.mittel* | 83 | 63 | 24.1 | 106 | 61 | 42.5 |
| Stdabw.* | 50 | 36 | | 47 | 21 | |
| n | 52 | 52 | | 54 | 53 | |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Tabelle 25: Nickelgehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | L1 | Redukt.% | S2 | L2 | Redukt.% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 26 | 15 | 42.3 | 85 | 25 | 70.6 |
| Stdabw. | 14 | 8 | | 55 | 14 | |
| n = 54 | | | | | | |
| Ges.mittel* | 26 | 15 | 42.3 | 76 | 25 | 67.1 |
| Stdabw.* | 14 | 8 | | 42 | 14 | |
| n | 54 | 54 | | 51 | 54 | |

Tabelle 26: Quecksilbergehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | L1 | Redukt.% | S2 | L2 | Redukt.% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 0.5 | 0.4 | 20 | 0.4 | 0.5 | -25 |
| Stdabw. | 0.6 | 0.5 | | 0.5 | 0.4 | |
| n = 54 | | | | | | |
| Ges.mittel* | 0.4 | 0.3 | 25 | 0.3 | 0.4 | -33.3 |
| Stdabw.* | 0.3 | 0.2 | | 0.2 | 0.2 | |
| n | 51 | 51 | | 51 | 50 | |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Tabelle 27: Eisengehalt (Angaben in mg/kg)

| | S1 | L1 | Redukt.% | S2 | L2 | Redukt.% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 2191 | 1602 | 26.9 | 3620 | 2245 | 38.0 |
| Stdabw. | 820 | 721 | | 1824 | 884 | |
| n = 54 | | | | | | |
| Ges.mittel* | 2191 | 1602 | 26.9 | 3478 | 2245 | 35.5 |
| Stdabw.* | 820 | 721 | | 1517 | 884 | |
| n | 54 | 54 | | 53 | 54 | |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Die errechneten Werte der Schwermetallreduktionen durch Windsichtung stimmen für die bereinigten Mittelwerte mit denen der nicht bereinigten Mittelwerte weitgehend überein. Mit Ausnahme von Cadmium ist bei allen Schwermetallen bei der Korngröße 2-1mm eine größere Abminderung gegeben als bei der groben Siebfraktion. Demnach sind in dieser Korngröße abtrennbare metallische Partikel häufiger vorhanden als in der Fraktion > 2 mm.

Cadmium wird durch mit Cadmiumpigmenten eingefärbte Kunststoffe in den Müll eingeschleppt und ist in Form von Hartplasten und Folien bevorzugt in der groben Siebfraktion anzutreffen. Die Abtrennung der Hartplaste führt zu der höheren Cadmiumelimination bei der groben Siebfraktion.

Da die Feinfraktionen S3 und S4 nur etwa 13 % des Outputs ausmachen, sind die Reduzierungen der Schwermetallgehalte dieser Korngrößen durch Windsichtung zur Beurteilung der Effizienz der

Anlage von untergeordneter Bedeutung. Beim Probelauf mit Müll aus Eschwege wurden auch die feinen Leichtfraktionen auf ihren Schwermetallgehalt untersucht (siehe Tabellenanhang). Für die Fraktion 1-0.5 mm werden höhere Abminderungen der Schwermetalle erzielt als bei der feinsten Korngröße.

Da die Konzentrationen der meisten Metalle in den Feinfraktionen gegenüber den groben Siebfraktionen erhöht sind, resultieren für die feinen Leichtfraktionen etwas höhere Schwermetallgehalte, trotz hoher prozentualer Abminderung für Blei, Kupfer, Nickel, Chrom und Zink.

Nachstehend sind die Metalle nach ihrer Abtrennbarkeit durch Windsichtung geordnet : Cu > Pb > Ni > Zn > Cr > Cd > Fe > Hg.

Die Wirksamkeit der Windsichtung zur Abtrennung von Kupfer, Blei, Nickel und Cadmium ist als gut zu bewerten. Vor allem bei Kupfer ist die Abminderung von annähernd 90 % bei S2 besonders hoch. Quecksilber dagegen liegt in so geringer Konzentration vor, daß im Rahmen der auftretenden Streubreiten keine eindeutige Reduktion durch Windsichtung festgestellt werden kann.

### 3.1.1.4. Schwermetallreduktion durch Siebung und Windsichtung

Durch Vergleich der Schwermetallgehalte des Mülls nach der Trockentrommel mit denen der gewichteten Werte der groben und mittleren Leichtfraktionen, die üblicherweise in der Kompostierung oder als BRAM Verwertung finden, werden Schwermetallreduktionen erhalten, die Aussagen über die Leistung des Aufbereitungsverfahrens ermöglichen. Die feinen Leichtfraktionen sollten, da sie stärker mit Schwermetallen belastet sind, nicht kompostiert werden.

Tabelle 28: Bleigehalte (Angaben in mg/kg)

| | trocken | L1/L2 | Redukt. % |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 417 | 123 | 70.5 |
| Stdabw. | 804 | 153 | |
| n = 54 | | | |
| Ges.mittel* | 259 | 81 | 68.7 |
| Stdabw.* | 145 | 32 | |
| n | 49 | 49/43 | |

Tabelle 29: Kupfergehalte (Angaben in mg/kg)

| | trocken | L1/L2 | Redukt. % |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 779 | 135 | 82.7 |
| Stdabw. | 769 | 90 | |
| n = 54 | | | |
| Ges.mittel* | 546 | 124 | 77.3 |
| Stdabw.* | 383 | 72 | |
| n | 48 | 53/51 | |

* ausreißerbereingt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Tabelle 30: Cadmiumgehalte (Angaben in mg/kg)

| | trocken | L1/L2 | Redukt. % |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 7.0 | 3.6 | 48.6 |
| Stdabw. | 4.2 | 2.2 | |
| n = 54 | | | |
| Ges.mittel* | 5.9 | 3.6 | 39.0 |
| Stdabw.* | 2.6 | 2.2 | |
| n | 49 | 54/54 | |

Tabelle 31: Zinkgehalte (Angaben in mg/kg)

| | trocken | L1/L2 | Redukt. % |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 780 | 505 | 35.3 |
| Stdabw. | 371 | 332 | |
| n = 54 | | | |
| Ges.mittel* | 750 | 466 | 37.9 |
| Stdabw.* | 298 | 224 | |
| n | 53 | 52/54 | |

* ausreißerbereingt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Tabelle 32: Chromgehalte (Angaben in mg/kg)

| | trocken | L1/L2 | Redukt. % |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 120 | 68 | 43.3 |
| Stdabw. | 74 | 43 | |
| n = 54 | | | |
| Ges.mittel* | 116 | 63 | 45.7 |
| Stdabw.* | 68 | 32 | |
| n | 53 | 52/53 | |

Tabelle 33: Nickelgehalte (Angaben in mg/kg)

| | trocken | L1/L2 | Redukt. % |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 68 | 17 | 75.0 |
| Stdabw. | 69 | 9 | |
| n = 54 | | | |
| Ges.mittel* | 48 | 17 | 64.6 |
| Stdabw.* | 23 | 9 | |
| n | 49 | 54/54 | |

* ausreißerbereingt nach Grubbs Test

n: Probenzahl

Tabelle 34: Quecksilbergehalte (Angaben in mg/kg)

| | trocken | L1/L2 | Redukt. % |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 0.6 | 0.4 | 33.3 |
| Stdabw. | 0.7 | 0.5 | |
| n = 54 | | | |
| Ges.mittel* | 0.4 | 0.3 | 25.0 |
| Stdabw.* | 0.3 | 0.2 | |
| n | 51 | 51/50 | |

Tabelle 35: Eisengehalte (Angaben in mg/kg)

| | trocken | L1/L2 | Redukt. % |
|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 3229 | 1761 | 45.5 |
| Stdabw. | 1340 | 761 | |
| n = 54 | | | |
| Ges.mittel* | 3150 | 1761 | 44.1 |
| Stdabw.* | 1221 | 761 | |
| n | 53 | 54/54 | |

* ausreißerbereingt nach Grubbs Test

Durch Vergleich der Schwermetallkonzentrationen des Gesamtmülls (nach der Magnetabscheidung) Fraktion "trocken" mit denen der massenanteilig gewichteten groben Leichtfraktionen "L1" und "L2"

resultieren für Kupfer (ca. 80%), Blei (ca. 70%) und Nickel (ca. 70%) im Mittel hohe Reduktionen. Bei Cadmium, Chrom und Eisen wird eine Abminderung von durchschnittlich ca. 45 % erzielt. Für Zink und Quecksilber beträgt sie noch ca. 35 bzw. 30 % des Inputs.

Durch die Trocknung und Vereinheitlichung der Korngrößen kann der Trenneffekt durch Windsichtung bei den Metallen optimal erfolgen, die als metallische Partikel bzw. kompakte Oxide im Müll vorliegen. Cadmium, das in Kunststoffen (Pigmente, Stabilisatoren) beinhaltet ist und Chrom in chromgegerbtem Leder lassen sich durch das Verfahren weniger gut abtrennen.

Fazit: Metalle bzw. ihre Legierungen, sowie Störstoffe (Glas, Steine) mit hohem spezifischem Gewicht sind durch den ORFA-Aufbereitungsprozeß abtrennbar. Schwermetalle, die fein verteilt vor- liegen (Quecksilber) oder in anderer als der metallischen Bindungsform an Produkte gebunden sind können weniger gut eliminiert werden. Es ist plausibel, daß zum Beispiel Schwer- metalle in Druckerschwärze (Tiefdruckpapier) auf diese Weise nicht entfernt werden können.

### 3.1.1.5. Gesamtdarstellung

Der besseren Anschaulichkeit halber sind nachfolgend die Mittelwerte der Schwermetallkonzentrationen der unbereinigten Mittelwerte für den Beprobungszeitraum 7.12.84 bis 2.10.85 für jeden Probenahmetermin graphisch dargestellt. Die letzten beiden Balken einer Fraktion stellen den Gesamtmittelwert und die Standardabweichung dar.

Die Abfolge von links nach rechts entspricht dem Gang des Mülls durch die Anlage, beginnend mit den Probenahmestellen am Ausgang der Messer- und Hammermühle, dem Ausgang nach dem Trockner (Gesamtmüll ohne magnetische Anteile), anschließend folgen die vier Siebfraktionen, beginnend mit der groben Fraktion > 2mm, die dann in vier schwere Windsichtungsfraktionen und vier Leichtfraktionen aufgetrennt werden.

Die Streubreiten der Schwermetallgehalte des verarbeiteten Mülls, bedingt durch jahreszeitliche Unterschiede und auch durch die unterschiedliche Herkunft des Mülls werden durch Vergleich der Gehalte der Fraktion "trocken" bei den durchgeführten Beprobungen deutlich.
Hohen Schwermetallgehalten am Ausgang der Hammermühle stehen relativ niedere am Ausgang der Messermühle gegenüber (abgesaugtes Material). Dies gilt für die Metalle Blei, Kupfer, Zink, Nickel, Quecksilber und Eisen. Chrom und Cadmium dagegen sind mehr oder weniger gleichverteilt. (chromgegerbtes Leder, cadmiumhaltige Hartplaste und Kunststoffolien verteilen sich auf beide Fraktionen).

Von den Siebfraktionen erweist sich die grobe Körnung als am schwermetallärmsten; nur bei Cadmium liegt etwa Gleichverteilung vor.

Nach der Windsichtung werden in den schweren Windsichtungsfraktionen (siehe Tabellenanhang) Konzentrationen für Blei bis zu 10 000 mg/kg, für Kupfer bis 30 000 mg/kg gefunden. Cadmium findet sich hauptsächlich in der groben Schwerfraktion, die einen hohen Anteil an Hartplasten aufweist. Quecksilber tritt, wenn überhaupt, in der feinsten Schwerfraktion auf.

Die grobe und mittlere Leichtfraktionen weisen bis auf wenige Ausnahmen niedrige Schwermetallgehalte auf, sodaß bei Kompostierung (30% Rotteverlust eingerechnet) die bestehenden Grenzwerte eingehalten werden. Problemmetalle sind Cadmium und Zink (siehe Kap. 4.).

Abb. 6

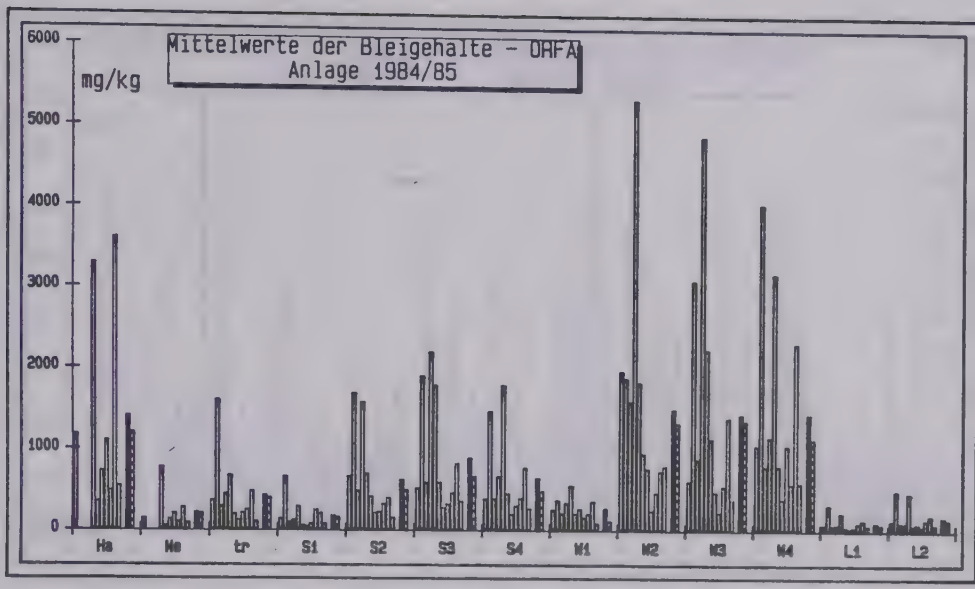

Mittelwerte der Bleigehalte - ORFA
Anlage 1984/85
mg/kg
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
Ha
Me
tr
S1
S2
S3
S4
M1
M2
M3
M4
L1
L2

Abb. 7

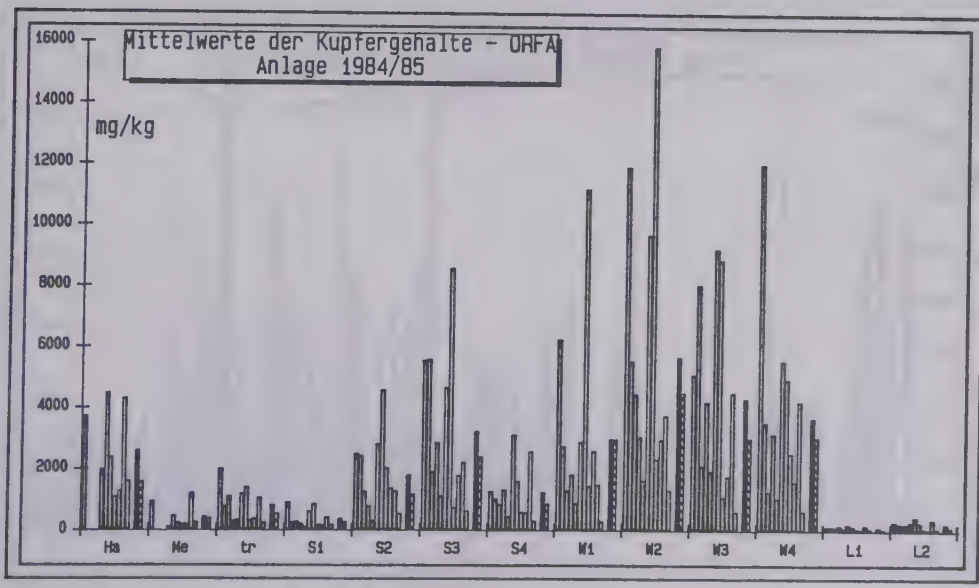

Mittelwerte der Kupfergehalte - ORFA
Anlage 1984/85
mg/kg
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
Ha
Me
tr
S1
S2
S3
S4
M1
M2
M3
M4
L1
L2

Abb. 8

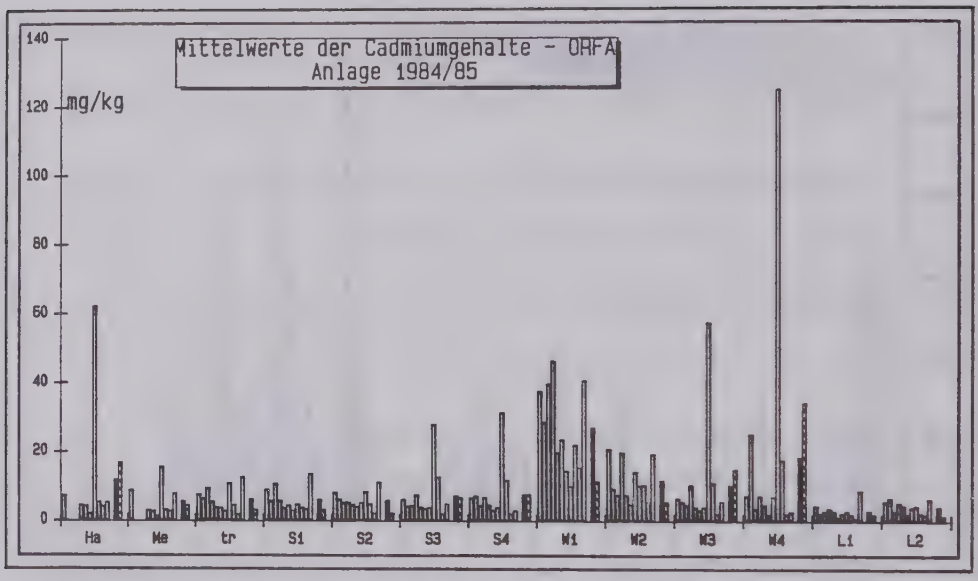

Mittelwerte der Cadmiumgehalte - ORFA
Anlage 1984/85
mg/kg
140
120
100
80
60
40
20
0
Ha
Me
tr
S1
S2
S3
S4
W1
W2
W3
W4
L1
L2

Abb. 9

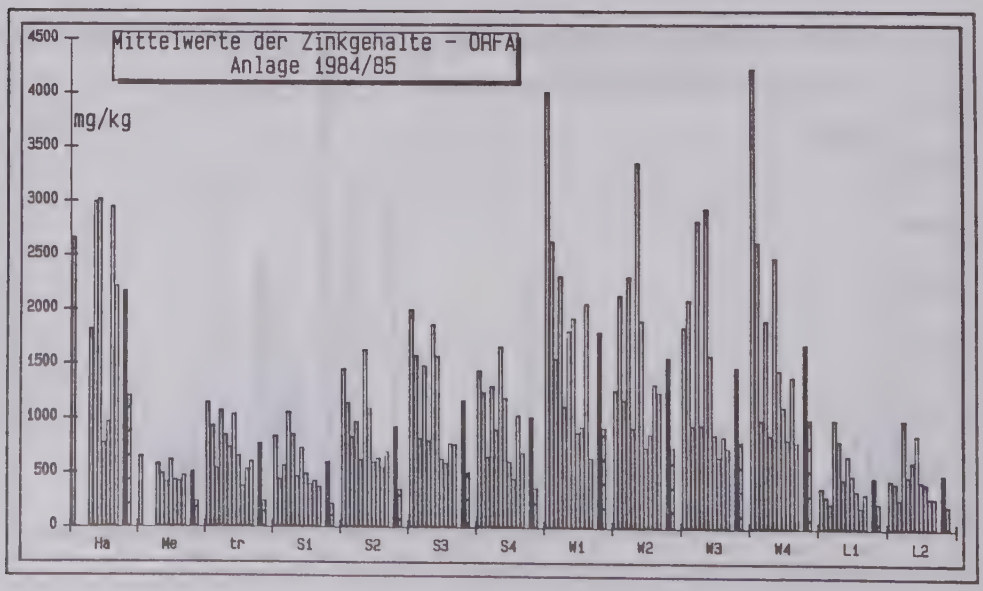

Mittelwerte der Zinkgehalte - ORFA
Anlage 1984/85
mg/kg
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
Ha
Me
tr
S1
S2
S3
S4
W1
W2
W3
W4
L1
L2

Abb. 10

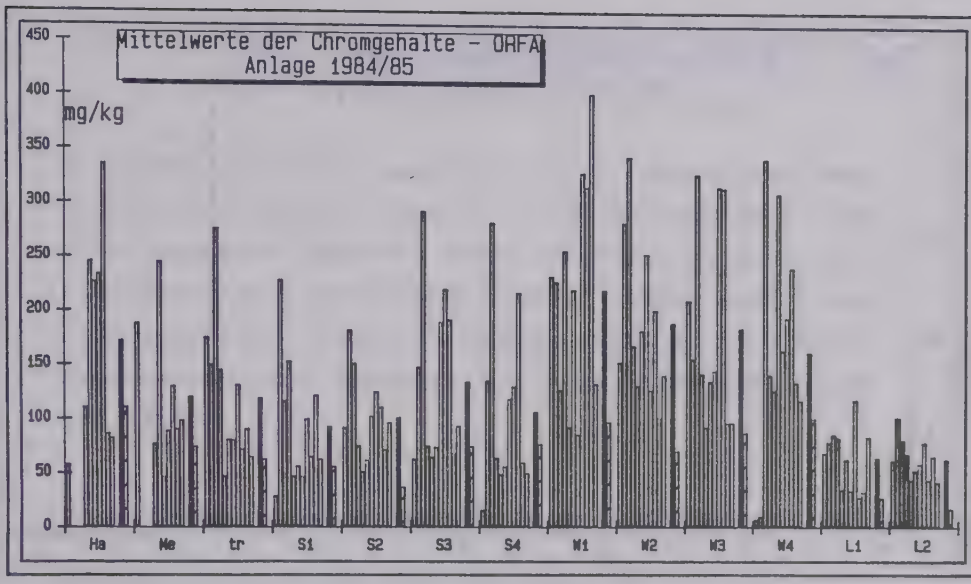

Mittelwerte der Chromgehalte - ORFA
Anlage 1984/85
mg/kg
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
Ha
Me
tr
S1
S2
S3
S4
W1
W2
W3
W4
L1
L2

Abb. 11

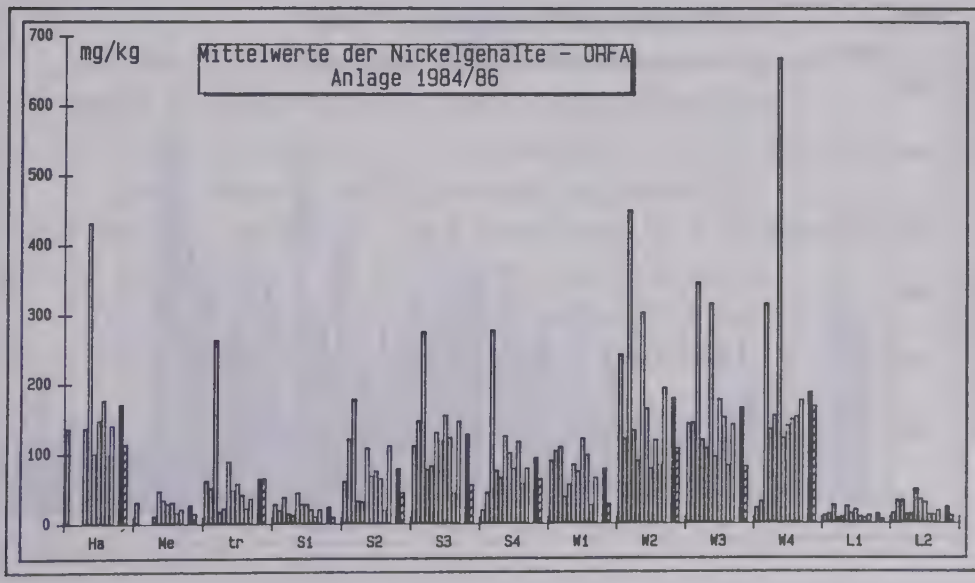

mg/kg
Mittelwerte der Nickelgehalte - ORFA
Anlage 1984/86
700
600
500
400
300
200
100
0
Ha
Me
tr
S1
S2
S3
S4
W1
W2
W3
W4
L1
L2

Abb. 12

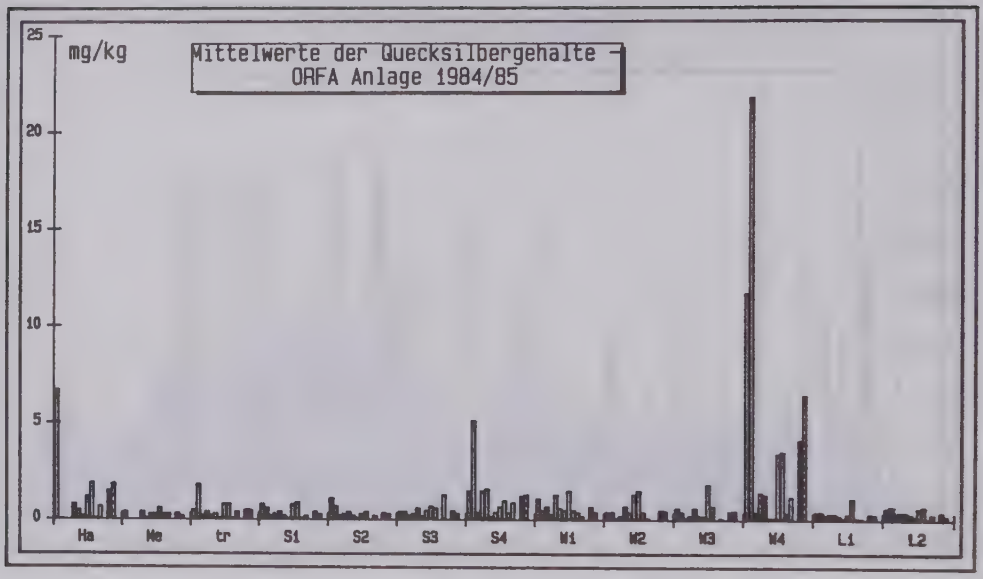
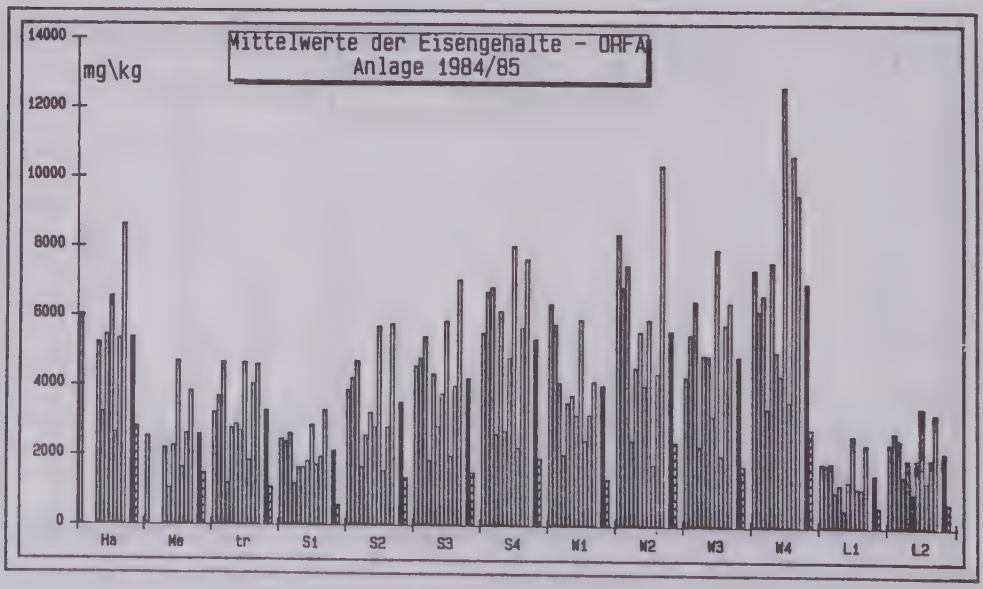

Mittelwerte der Quecksilbergehalte
ORFA Anlage 1984/85
mg/kg
25
20
15
10
5
0
Ha
Me
tr
S1
S2
S3
S4
M1
M2
M3
M4
L1
L2

Abb. 13


Mittelwerte der Eisengehalte - ORFA
Anlage 1984/85
mg\kg
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
Ha
Me
tr
S1
S2
S3
S4
M1
M2
M3
M4
L1
L2

### 3.1.1.6. Berechnung der theoretischen Probenzahl am Beispiel des Probelaufs Erding

Um abschätzen zu können, wieviel Proben der unterschiedlichen Fraktionen untersucht werden müssen, um den Gesamtgehalt mit einer bestimmten Sicherheit angeben zu können, wurden für die Probenahme Erding exemplarisch die theoretisch erforderlichen Probenzahlen für vorgegebene Vertrauensbereiche für eine bestimmte statistische Sicherheit über folgende Beziehung berechnet <42-44>:

$$n = \left(\frac{s \cdot t}{VB}\right)^2$$

s : Stadardabweichung der gemessenen Werte

t : Student Faktor, abhängig von Probenzahl und Vertrauenswahrscheinlichkeit

Es wurden die Probenzahlen für drei Vertrauensbereiche mit der jeweils entsprechenden statistischen Sicherheit berechnet :

* VB 80% (Mittelwert ± 20 % Abweichung), 80 % der Meßwerte liegen innerhalb und 20 % außerhalb des Intervalls
* VB 90 % (Mittelwert ± 10 % Abweichung), 90 % der Meßwerte liegen innerhalb und 10 % außerhalb des Intervalls
* VB 95 % (Mittelwert ± 5% Abweichung), 95 % der Meßwerte liegen innerhalb und 5 % außerhalb des Intervalls

Mit Verengung des Abweichungsintervalls und steigender statistischer Sicherheit steigt die notwendige Probenzahl exponetiell an.

Tabelle 36: theoretische Probenzahl der Fraktion "Messer"

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 16 | 5 | 20 | 7 | 6 | 6 | 5 | 2 |
| VB 90 | 109 | 37 | 143 | 51 | 40 | 41 | 36 | 15 |
| VB 95 | 665 | 228 | 871 | 312 | 246 | 253 | 217 | 91 |

Tabelle 37: theoretische Probenzahl der Fraktion "Hammer"

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 35 | 41 | 25 | 15 | 7 | 5 | 187 | 4 |
| VB 90 | 246 | 286 | 178 | 104 | 50 | 37 | 1317 | 28 |
| VB 95 | 1499 | 1742 | 1084 | 636 | 304 | 223 | 8020 | 172 |

Bei der "Messerfraktion" ergeben sich für alle Metalle niedrigere theoretische Probenzahlen als bei der "Hammerfraktion". Die größere Streubreite der Meßwerte dürfte für die meisten Metalle durch Kumulation metallischer Einschleppungsquellen in der nicht flugfähigen Hammerfraktion begründet sein. Am deutlichsten unterscheiden sich die Probenzahlen für Quecksilber, Kupfer und Blei.

Tabelle 38: theoretische Probenzahl der Fraktion "trocken"

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 7 | 12 | 11 | 3 | 1 | 1 | 22 | 1 |
| VB 90 | 49 | 87 | 79 | 20 | 3 | 4 | 157 | 2 |
| VB 95 | 305 | 544 | 491 | 124 | 19 | 28 | 978 | 14 |

Für die Fraktion "trocken", die durch Vereinigung von "Hammer- und Messerfraktion" resultiert und infolge des Trocknungsvorgangs im Trommeltrockner eine Homogenisierung eintritt, ergeben sich bis auf Quecksilber und Kupfer geringere theoretische Probenzahlen als für die "Messerfraktion". Für Quecksilber, Kupfer und Zadmium nehmen sie die höchsten Werte an.

Tabelle 39: theoretische Probenzahl der Fraktion "S1" > 2 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 4 | 13 | 24 | 8 | 10 | 5 | 92 | 7 |
| VB 90 | 28 | 90 | 172 | 56 | 70 | 37 | 661 | 50 |
| VB 95 | 173 | 560 | 1070 | 352 | 433 | 229 | 4121 | 309 |

S: Siebfraktion

Tabelle 40: theoretische Probenzahl der Fraktion "S2" 1-2 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 19 | 161 | 15 | 5 | 3 | 12 | 10 | 8 |
| VB 90 | 138 | 1153 | 108 | 38 | 21 | 84 | 69 | 56 |
| VB 95 | 858 | 7182 | 673 | 240 | 132 | 524 | 427 | 350 |

S: Siebfraktion

Tabelle 41: theoretische Probenzahl der Fraktion "S3" 0.5-1 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 8 | 8 | 53 | 2 | 4 | 22 | 103 | 2 |
| VB 90 | 58 | 58 | 380 | 14 | 27 | 160 | 739 | 15 |
| VB 95 | 363 | 364 | 2368 | 84 | 166 | 996 | 4603 | 93 |

S: Siebfraktion

Tabelle 42: theoretische Probenzahl der Fraktion "S4" < 0.5 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 4 | 29 | 26 | 2 | 11 | 6 | 95 | 3 |
| VB 90 | 31 | 207 | 188 | 14 | 76 | 44 | 678 | 25 |
| VB 95 | 194 | 1291 | 1169 | 84 | 476 | 273 | 4226 | 154 |

S: Siebfraktion

Bei den Siebfraktionen ist keine drastische Änderung der erforderlichen Probezahlen im Vergleich zur Fraktion "trocken" zu verzeichnen. Die Berechnungen ergeben für Zink, Blei, Nickel, Chrom und Eisen die geringsten Werte.

Tabelle 43: theoretische Probenzahl der Fraktion "W1" > 2 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 7 | 27 | 6 | 1 | 7 | 24 | 79 | 3 |
| VB 90 | 48 | 194 | 44 | 7 | 51 | 171 | 566 | 25 |
| VB 95 | 296 | 1207 | 273 | 45 | 317 | 1065 | 3526 | 254 |

W: schwere Windsichterfraktion

Tabelle 44: theoretische Probenzahl der Fraktion "W2" 2-1 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 5 | 143 | 5 | 7 | 2 | 4 | 79 | 2 |
| VB 90 | 33 | 1028 | 37 | 52 | 12 | 25 | 566 | 13 |
| VB 95 | 207 | 6408 | 229 | 323 | 74 | 159 | 3526 | 79 |

W: schwere Windsichterfraktion

Tabelle 45: theoretische Probenzahl der Fraktion "W3" 0.5-1 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 4 | 15 | 47 | 3 | 3 | 2 | 7 | 3 |
| VB 90 | 26 | 105 | 339 | 19 | 20 | 13 | 48 | 23 |
| VB 95 | 160 | 653 | 2109 | 121 | 123 | 80 | 297 | 144 |

W: schwere Windsichtungsfraktion

Tabelle 46: theoretische Probenzahl der Fraktion "W4" < 0.5 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 10 | 42 | 25 | 7 | 2 | 3 | 40 | 9 |
| VB 90 | 69 | 300 | 179 | 51 | 16 | 19 | 290 | 63 |
| VB 95 | 428 | 1870 | 1116 | 315 | 101 | 117 | 1809 | 390 |

W: schwere Windsichtungsfraktion

Für die schweren Windsichtungsfraktionen nehmen die berechneten theoretischen Probenzahlen für Kupfer, Nickel, Quecksilber und Cadmium sehr hohe Werte an. Mit Verengung der Korngröße erfolgt für die einzelnen Metalle keine entscheidende Verringerung der benötigten Probenzahlen.

Tabelle 47: theoretische Probenzahl der Fraktion "L1" > 2 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 3 | 8 | 14 | 2 | 22 | 9 | 17 | 5 |
| VB 90 | 25 | 59 | 100 | 16 | 160 | 64 | 119 | 36 |
| VB 95 | 155 | 368 | 624 | 102 | 994 | 400 | 740 | 227 |

L: Leichtfraktion

Tabelle 48: theoretische Probenzahl der Fraktion "L2" 2-1 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 1 | 4 | 13 | 2 | 5 | 6 | 65 | 2 |
| VB 90 | 9 | 26 | 93 | 11 | 33 | 46 | 466 | 14 |
| VB 95 | 58 | 164 | 579 | 69 | 204 | 287 | 2906 | 89 |

L: Leichtfraktion

Um den Mittelwert für eine bestimmte statistische Sicherheit angeben zu können, sind bei den groben Leichtfraktionen im Vergleich zur Fraktion "trocken" für Kupfer, Blei und Zink geringere Probenzahlen notwendig aber für hohe statistische Absicherung werden auch bei den Leichtfraktionen gigantische Werte (besonders für Quecksilber und Cadmium) erreicht, die den zu bewältigenden Untersuchungsumfang sprengen würden.
Die berechneten Probenzahlen sollten daher als Anhaltspunkt

gewertet werden,um die Schwankungen der Meßwerte zu verdeutlichen. Etwa die Hälfte der durchgeführten Messungen liegt im Bereich zwischen VB 80 % und VB 90 % . Die anderen Meßwerte sind statistisch weniger gut abgesichert, die Vertrauenswahrscheinlichkeit liegt unter VB 80 % .

Von Korherr <21> wurden die Schwankungsbreiten der Schwermetallgehalte zweier Kompostmieten, der unter Klärschlammzusatz kompostierten Leichtfraktionen untersucht. Die angegebenen berechneten Probezahlen der Kompostproben sind um den Faktor 5-10 niedriger als die oben für die Leichtfraktionen angegebenen Werte. Dies kann auf den nicht identischen Müllinput und andererseits auf die Homogenisierung des Materials beim Kompostierungsprozeß zurückgeführt werden.

### 3.1.1.7. Testlauf mit neuer Konfiguration

Mit der optimierten, neuen Verfahrenskonfiguration (Siehe Kap. 2.) wurde am 24. und 26. Februar 1987 ein Probelauf mit 5.54 Tonnen Hausmüll aus Brig durchgeführt. Der Gesamtmüll abzüglich dem magnetischen Anteil ("trocken"), die Schwerfraktionen nach der Windsichtung in Aufstromsichtern ("W1", "W2" und "W3") und die Leichfraktionen ("L1", "L2" und "L3") wurden beprobt und auf ihren Schwermetallgehalt untersucht.

Tabelle 49: Bleigehalt (mg/kg Trockensubstanz)

| | trocken | W1 | W2 | W3 | L1 | L2 | L3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | 195 | 385 | 2975 | 634 | 27 | 38 | 151 |
| Stdabw. | 222 | 400 | 3935 | 404 | 8 | 11 | 41 |
| n | 12 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |

Tabelle 50: Kupfergehalt (mg/kg Trockensubstanz)

| | trocken | W1 | W2 | W3 | L1 | L2 | L3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | 155 | 4192 | 3123 | 1784 | 59 | 102 | 126 |
| Stdabw. | 163 | 5240 | 3997 | 1620 | 83 | 156 | 30 |
| n | 12 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |

n: Probenzahl

Tabelle 51: Cadmiumgehalt (mg/kg Trockensubstanz)

| | trocken | W1 | W2 | W3 | L1 | L2 | L3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | 1.9 | 8.4 | 9.5 | 2.4 | 0.7 | 0.8 | 2.3 |
| Stdabw. | 1.4 | 3.9 | 2.9 | 1.1 | 0.5 | 0.4 | 0.5 |
| n | 12 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |

Tabelle 52: Zinkgehalt (mg/kg Trockensubstanz)

| | trocken | W1 | W2 | W3 | L1 | L2 | L3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | 463 | 5886 | 1379 | 654 | 175 | 217 | 578 |
| Stdabw. | 290 | 6732 | 876 | 450 | 64 | 99 | 124 |
| n | 12 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |

Tabelle 53: Nickelgehalt (mg/kg Trockensubstanz)

| | trocken | W1 | W2 | W3 | L1 | L2 | L3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | 23 | 66 | 50 | 19 | 5 | 10 | 25 |
| Stdabw. | 17 | 51 | 60 | 6 | 1 | 7 | 6 |
| n | 12 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |

n: Probenzahl

Tabelle 54: Chromgehalt (mg/kg Trockensubstanz)

| | trocken | W1 | W2 | W3 | L1 | L2 | L3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | 39 | 105 | 44 | 18 | 24 | 49 | 42 |
| Stdabw. | 23 | 69 | 7 | 3 | 12 | 33 | 9 |
| n | 12 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |

Tabelle 55: Quecksilbergehalt (mg/kg Trockensubstanz)

| | trocken | W1 | W2 | W3 | L1 | L2 | L3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | 1.0 | 0.7 | 0.6 | 1.4 | 0.6 | 0.6 | 2.0 |
| Stdabw. | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 0.9 | 0.2 | 0.2 | 0.4 |
| n | 12 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |

n: Probenzahl

Die Mittelwerte der Schwermetallgehalte der Leichtfraktion liegen während des Probenahmezeitraums für alle Metalle äußerst nieder und dies, obwohl es sich um Hausmüll aus einem Wintermonat handelt (üblicherweise stärker mit Schwermetallen belasteter Müll) und die tatsächlichen Eingangswerte auch recht hoch liegen.
Aus den Konzentrationen der Schwer- und Leichtfraktionen lassen sich über die Materialfrachten die Konzentrationen des Eingangsmülls berechnen. Die berechneten Konzentrationen für Blei, Kupfer, und Zink liegen über den gemessenen des Rohmülls. Für die anderen Schwermetalle sind sie vergleichbar. Die relative Kon-

stanz hoher Gehalte der zuerst genannten Metalle in den Schwerfraktionen läßt jedoch darauf schließen, daß die Ausgangskonzentrationen eher bei den höheren Werten aus der Frachtberechnung liegen.

Die Schwermetallabminderung der groben Leichtfraktion (Anteil: 78.8% der gesamten Leichtfraktionausbeute) gegenüber dem Rohmüll nach dem Trockner ergibt sich aus folgender Tabelle :

Tabelle 56: Schwermetallabminderung

| | (1) mg/kg | (2) mg/kg | (3) mg/kg | (4) % | (5) % |
|---|---|---|---|---|---|
| Blei | 195 | 312 | 27 | 87 | 93 |
| Kupfer | 155 | 715 | 59 # | 62 | 92 |
| Cadmium | 1.9 | 2.0 | 0.7 | 63 | 65 |
| Zink | 463 | 708 | 175 | 62 | 75 |
| Chrom | 39 | 35 | 24 | 38 | 31 |
| Nickel | 23 | 15 | 5 | 78 | 67 |
| Quecksilber | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 40 | 25 |

(1) Gehalt im Hausmüll nach magnetischer Abtrennung und Trocknung, Mittel der Meßwerte nach dem Trockner

(2) Berechneter Gehalt des Mülls nach dem Trockner aus den Mittelwerten der Windsichtungsfraktionen (L1-L3 und S1-S3) unter Berücksichtigung der Massenanteile dieser Fraktionen

(3) Gehalt in grober Leichtfraktion

(4) Schwermetallreduktion (1) nach (2)

(5) Schwermetallreduktion (2) nach (3)

# 1 Ausreißer

Je nach unterstellten Ausgangskonzentrationen werden Abschöpfungsraten bis zu 93 % erzielt.
Noch wichtiger als die erzielten Abschöpfungsraten, die stark von der (real extrem stark schwankenden) Ausgangskonzentration des betrachteten Schwermetalls abhängig sind, ist die Konstanz der erreichten Schwermetallkonzentrationen für die Leichtfraktionen > 1.5 mm. Von einem Ausreißer bei Kupfer abgesehen, sind die Abweichungen vom Mittelwert äußerst gering. Aus nachfolgenden Abbildungen "Verteilungsmuster der Konzentrationen" wird dies besonders deutlich. Der zeitliche Verlauf (Zeitachse weist von hinten nach vorne) der Schwermetallkonzentrationen ist für Blei, Kupfer, Cadmium und Zink graphisch in Abb. 14-17 dargestellt.
Für die selben Metalle sind in den Abb. 19-22 Graphiken der Massenflüsse abgebildet. Vergleicht man diese mit dem Massenflussdiagramm des Gesamtmülls, dann wird die besonders hohe Abschöpfung von Blei und Kupfer durch den Aufarbeitungsprozeß deutlich. Sogar für Cadmium und Zink werden beträchtliche Abschöpfungen erzielt.

Der Vergleich mit dem Untersuchungszeitraum 1984/85 macht die Güte der mit der neu konzipierten ORFA Anlage erzielten Schwermetallgehalte der groben Leichtfraktionen deutlich (Vgl. Kap. 5). Einschränkend muß erwähnt werden, daß der Wassergehalt des verarbeiteten Mülls bei nur ca. 25 % lag und im Vergleich zu den anderen Läufen als sehr niedrig einzustufen ist. Hohe Wassergehalte bewirken bei den Zerkleinerungsstufen ein Verschmieren und innige Durchmischung, sodaß auch nach der Trocknung die Trennleistung bei der Windsichtung vermindert ist.

Abb. 14

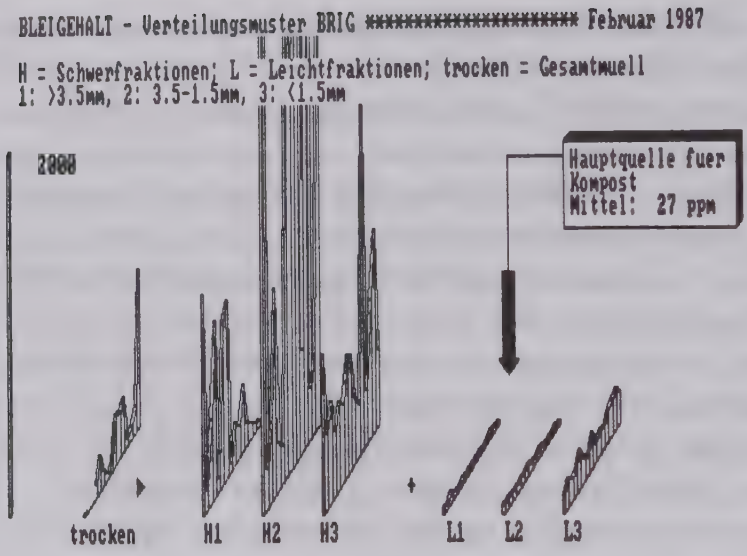

BLEIGEHALT - Verteilungsmuster BRIG ********** Februar 1987
H = Schwerfraktionen; L = Leichtfraktionen; trocken = Gesamtmuell
1: >3.5mm, 2: 3.5-1.5mm, 3: <1.5mm
2000
Hauptquelle fuer Kompost
Mittel: 27 ppm
trocken
H1
H2
H3
+
L1
L2
L3

Abb. 15

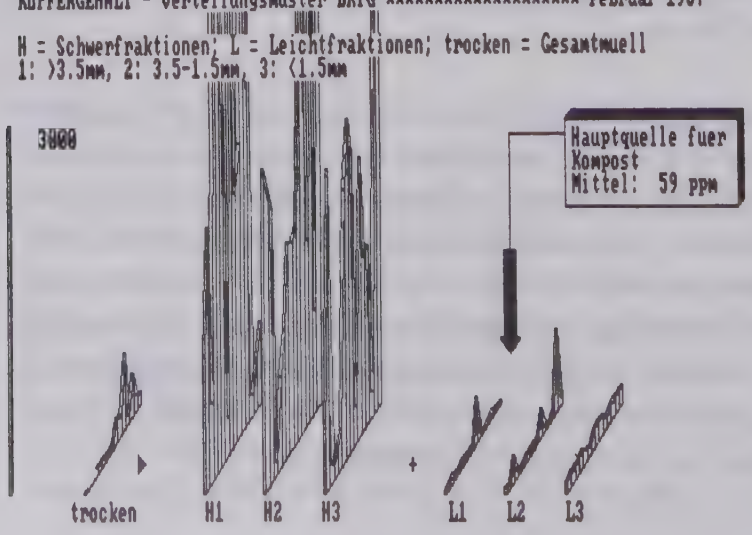

KUPFERGEHALT - Verteilungsmuster BRIG ********** Februar 1987
H = Schwerfraktionen; L = Leichtfraktionen; trocken = Gesamtmuell
1: >3.5mm, 2: 3.5-1.5mm, 3: <1.5mm
3000
Hauptquelle fuer Kompost
Mittel: 59 ppm
trocken
H1
H2
H3
+
L1
L2
L3

Abb. 16

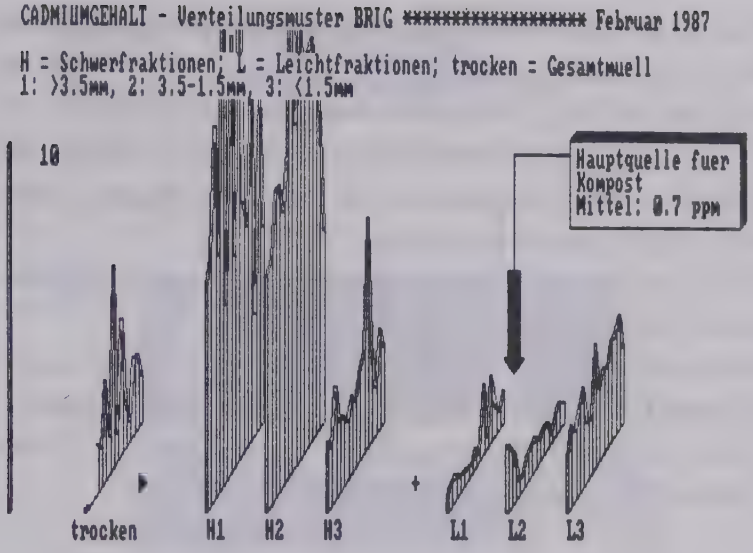
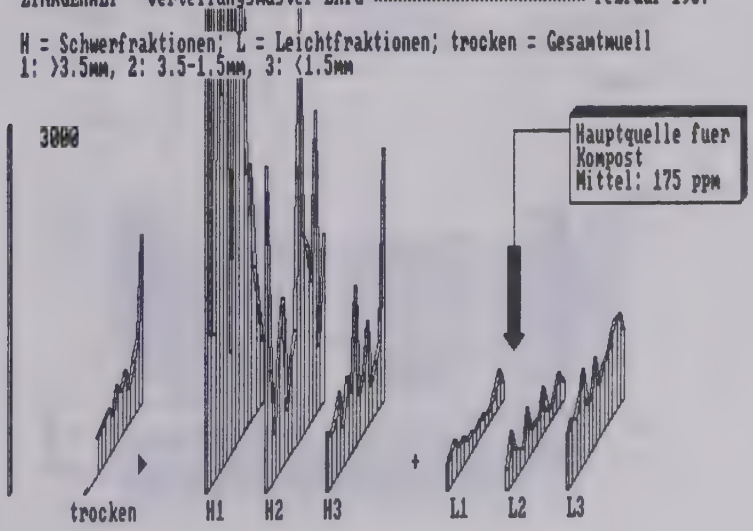

CADMIUMGEHALT - Verteilungsmuster BRIG ********** Februar 1987
H = Schwerfraktionen; L = Leichtfraktionen; trocken = Gesamtmuell
1: >3.5mm, 2: 3.5-1.5mm, 3: <1.5mm
10
Hauptquelle fuer Kompost
Mittel: 0.7 ppm
trocken
H1
H2
H3
L1
L2
L3

Abb. 17


ZINKGEHALT - Verteilungsmuster BRIG ********** Februar 1987
H = Schwerfraktionen; L = Leichtfraktionen; trocken = Gesamtmuell
1: >3.5mm, 2: 3.5-1.5mm, 3: <1.5mm
3000
Hauptquelle fuer Kompost
Mittel: 175 ppm
trocken
H1
H2
H3
L1
L2
L3

Der ersten Frachtdarstellung, welche den Massenstrom in der Anlage auf der Basis getrockneter Materie wiedergibt, folgen die Massenflüsse für die untersuchten Schwermetalle. Es sollten jeweils die Graphik für die Materialsfracht und die Flüsse für ein Schwermetall verglichen werden um An- bzw. Abreicherungen durch die Trenntechnologie zu beurteilen.

Die Balken am unteren Rand der Abbildungen geben die Gesamtmassenanteile in Leicht- bzw. Schwerfraktion an.

Durch die Abtrennung der Schwerfraktion, die ca. 23 % des Gesamtmülls abzüglich des magnetischen Anteils ausmacht, werden ca. 90 % des insgesamt vorhandenen Bleis, ca. 92 % Kupfer, ca. 76 % Zink und ca. 68 % Cadmium abgeschöpft.

Abb. 18

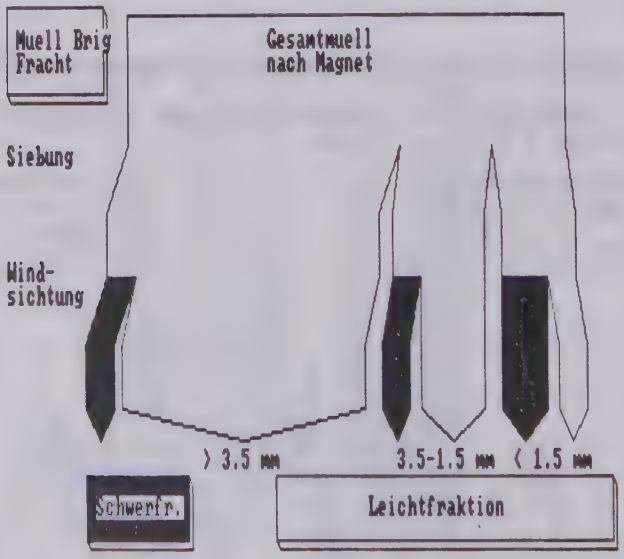


Abb. 19

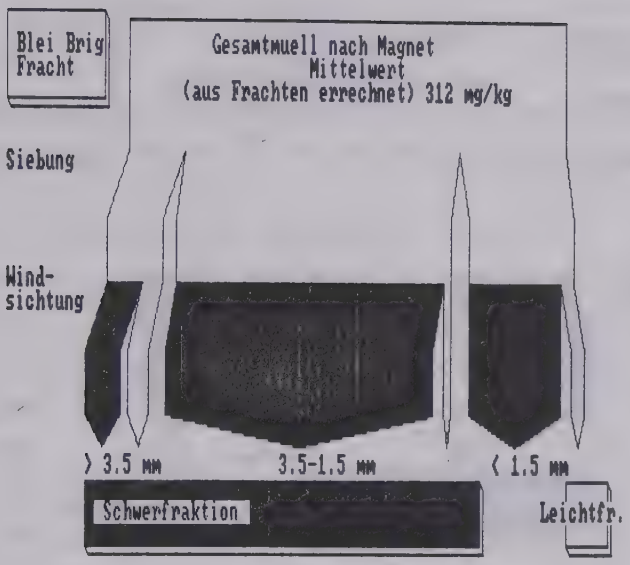

Blei Brig
Fracht
Gesamtmuell nach Magnet
Mittelwert
(aus Frachten errechnet) 312 mg/kg
Siebung
Wind-
sichtung
> 3.5 mm
3.5-1.5 mm
< 1.5 mm
Schwerfraktion
Leichtfr.

Abb. 20

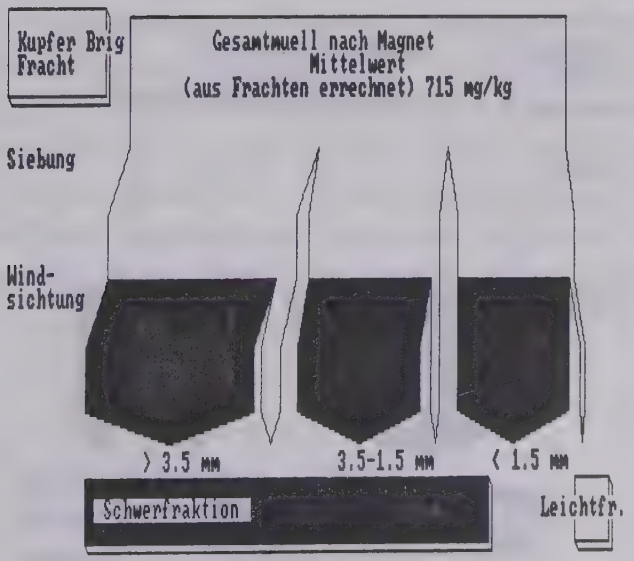

Kupfer Brig
Fracht
Gesamtmuell nach Magnet
Mittelwert
(aus Frachten errechnet) 715 mg/kg
Siebung
Wind-
sichtung
> 3.5 mm
3.5-1.5 mm
< 1.5 mm
Schwerfraktion
Leichtfr.

Abb. 21

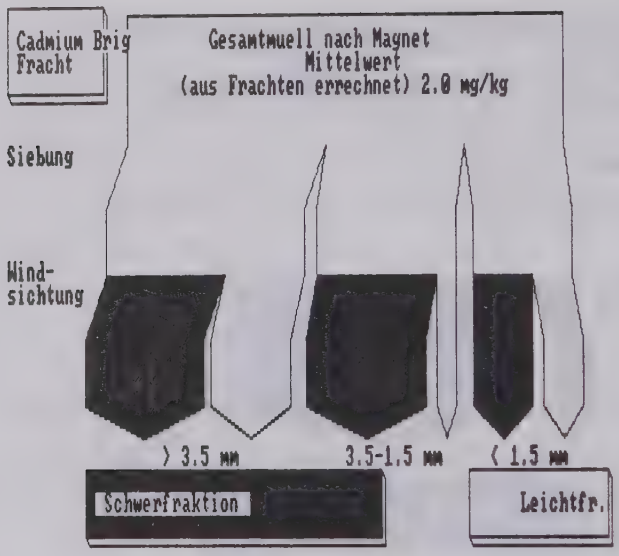
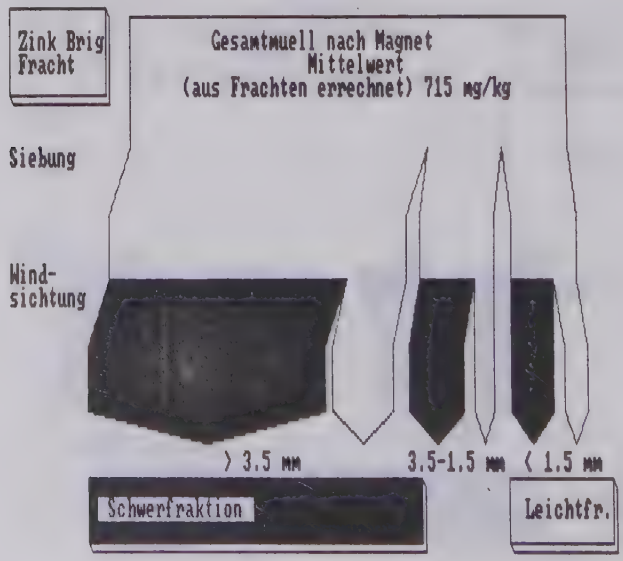

Cadmium Brig
Fracht
Gesamtmuell nach Magnet
Mittelwert
(aus Frachten errechnet) 2.0 mg/kg
Siebung
Wind-
sichtung
> 3.5 mm
3.5-1.5 mm
< 1.5 mm
Schwerfraktion
Leichtfr.

Abb. 22


Zink Brig
Fracht
Gesamtmuell nach Magnet
Mittelwert
(aus Frachten errechnet) 715 mg/kg
Siebung
Wind-
sichtung
> 3.5 mm
3.5-1.5 mm
< 1.5 mm
Schwerfraktion
Leichtfr.

### 3.1.2. Wassergehalt

Die Wassergehalte der Fraktionen nach der Hammermühle "Hammer" und Messermühle "Messer" wurden bei folgenden Probenahmen bestimmt.

Tabelle 57: Wassergehalt in Prozent

| Probenahme | Messer | (Stdabw.) | Hammer | (Stdabw.) |
|---|---|---|---|---|
| 7.12.1984 | 23.8 | (2.4) | 29.3 | (3.4) |
| 13. 2.1985 | 28.1 | (7.8) | 28.8 | (7.9) |
| 7. 3.1985 | 20.8 | (6.1) | 23.8 | (3.8) |
| 7. 5.1985 | 19.0 | (6.2) | 26.8 | (11.8) |
| 9. 7.1985 | 41.1 | (13.0) | 28.4 | (2.4) |
| Juli 1985 | 26.6 | (5.4) | 22.0 | (3.2) |
| 2.10.1985 | 31.1 | (7.2) | 26.5 | (4.7) |

Von den Wassergehalten der untersuchten Fraktionen kann nicht auf den Feuchtigkeitsgehalt des Ausgangsmülls extrapoliert werden, da durch die Mahlschritte bei der Vorzerkleinerung und durch die Absaugung Wasser entzogen wird. Ein hoher Wassergehalt wirkt sich negativ auf die Trennleistung der Anlage aus, da bei der Vorzerkleinerung eine starke Durchmischung eintritt.

### 3.1.3. Ozonisierung organischer Verbindungen

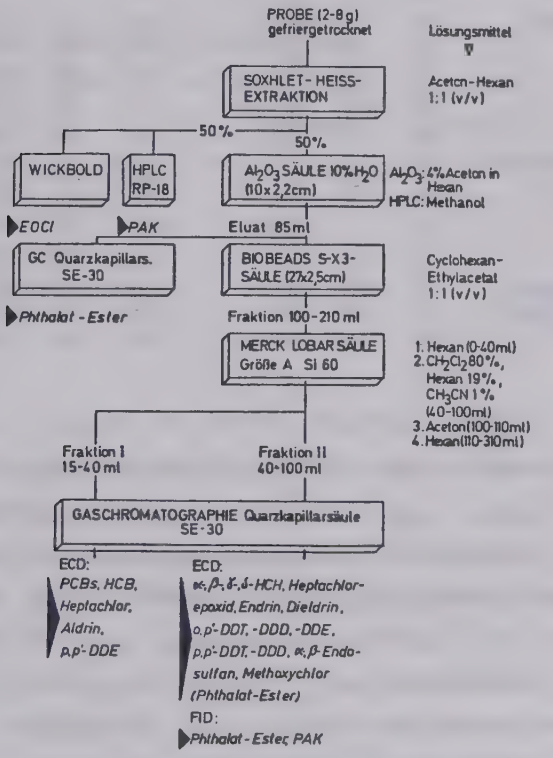
Ozon wird vor allem bei der Wasseraufbereitung zur Desinfektion, Oxidation organischer Substanzen und zur geruchlichen und gechmacklichen Verbesserung des Trinkwassers eingesetzt. Die Neubildung von Aldehyden und Ketonen, bzw. deren Zunahme durch die Ozonisierung macht wegen der Wiederverkeimungsgefahr eine anschließende Aktivkohlefiltration unerläßlich <22>. Über die Aufbesserung stark verschmutzter, übelriechender Abwässer durch Ozon wird berichtet <23> und eine Steigerung der biologischen Abbaubarkeit zahlreicher chlorierter organischer Verbindungen nach deren Oxidation ist durch Untersuchungen belegt <24,25,26>. Die persistenten Pestizide und PCB's sind in wäßrigem Medium auf deren Oxidierbarkeit durch Ozon untersucht worden. Von Brower <27> und Hoffmann <28> wird über die quantitative Oxidation des Aldrins in wäßriger Lösung und in indifferenten Lösungsmitteln innerhalb kurzer Zeit mit geringen Ozonmengen (bis 5 mg/l) berichtet. Nach Bauer <29> ist von den anderen Pestiziden nur die Eliminierung von Heptachlor durch geringe Ozonmengen bewiesen.

#### 3.1.3.1. PCB's und Pestizide

Von Interesse war, inwieweit die Ergebnisse, der in Lösungsmitteln durchgeführter Ozonisierungen, auf die "trockene" Ozonbehandlung von Müll zutreffen.
Der Ozongehalt in der Trommel liegt zwischen 65 und 10 ppm (Trommeleingang und -ausgang) bei Normalbetrieb und die Verweildauer des Mülls in der Ozonisierungstrommel wurde mit 5-10 Minuten angegeben.

Je zwei Mischproben vom 17.9.85 des zerkleinerten Gesamtmülls nach der Trocknung (vor Ozonisierung) und nach der Ozonisierungstrommel wurden auf ihren PCB- und Pestizidgehalt untersucht.
Nach der Extraktion der Proben wurden die Extrakte nach einem von Hagenmaier und Krauß <30> entwickelten Schema aufgereinigt. Die Kombination des Aluminiumoxid/Kieselgel Cleanups nach Law und Goerlitz <31> mit der Gelpermeationchromatographie <32> ermöglicht es, Lipide und Fettsäuren abzutrennen.

Abbildung 23: Reinigungsschema für Pestizide und PCB's



Die Pestizide wurden durch Standardaddition identifiziert; die PCB's sind als A-60 angegeben. Die quantitative Auswertung erfolgte über die Peakhöhen. Die identifizierten Substanzen der Mischproben vor und nach Ozonisierung und deren Mittelwerte sind unten aufgeführt.

Tabelle 58: PCB's und Pestizide (Angaben in ug/kg)

| | vor Ozonisierung | | | nach Ozonisierung | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | Mittel | 1 | 2 | Mittel |
| PCB (A60) | 170 | 170 | 170.0 | 180 | 175 | 177.5 |
| $\alpha$HCH | 14 | 11 | 12.5 | 13 | 11 | 12.0 |
| HCB | 32 | 14 | 23.0 | 14 | 15 | 14.5 |
| $\gamma$HCH | 38 | 26 | 32.0 | 22 | 30 | 26.0 |
| Heptachlor | 20 | 11 | 15.5 | 20 | 22 | 21.0 |
| Aldrin | 31 | 38 | 34.5 | 44 | 42 | 43.0 |
| Heptachlorepoxid | 0 | 3 | 1.5 | 2 | 2 | 2.0 |
| $\alpha$Endosulfan | 42 | 28 | 35.0 | 22 | 17 | 19.5 |
| Dieldrin | 17 | 7 | 12.0 | 12 | 14 | 13.0 |
| op'DDE | 42 | 9 | 25.5 | 24 | 56 | 40.0 |
| op'DDD | 7 | 0 | 3.5 | 13 | 6 | 9.5 |
| Endrin | 14 | 19 | 16.5 | 9 | 23 | 16.0 |
| $\beta$Endosulfan | 75 | 53 | 64.0 | 35 | 74 | 54.5 |
| op'DDT/pp'DDD | 52 | 13 | 32.5 | 90 | 19 | 54.5 |
| pp'DDT | 80 | 138 | 109.0 | 42 | 52 | 47.0 |

Pesticide und PCB' s, die in den untersuchten Proben in Spuren nachgewiesen wurden, erfahren durch Ozonisierung keinen vollständigen Abbau. Im Gegensatz zum wäßrigen Medium unterliegen Aldrin und Heptachlor keinem meßbaren oxidativen Abbau. Der geringere p,p'-DDT Gehalt der ozonisierten Proben könnte auf die Streuung der Meßwerte zurückzuführen sein, da sich für p,p'-DDD, das sich im Aufbau der aromatischen Struktur nicht unterscheidet, keine Reduktion der Konzentration nachweisen läßt.

### 3.1.3.2. Flüchtige Verbindungen

Da beobachtet wurde, daß der Müll nach der Ozonolyse eine andere Geruchsqualität aufweist, wurden die flüchtigen Substanzen im Müll auf ihren Abbau durch Ozon untersucht.
Um dabei den Einfluß der Ozonkonzentration auf Abbau bzw. Bildung von organischen Verbindungen zu ermitteln, wurde bei der Probenahme am 11.3.87 mit drei unterschiedlichen Betriebsstufen des Ozongenerators gefahren. Die Ozonkonzentration in der Trommel wurde am Eingang und Ausgang gemessen.

Tabelle 59: Ozonkonzentration in ppm

| | Eingang | Ausgang |
|---|---|---|
| Stufe 1 | 65 | 10 |
| Stufe 3 | 90 | 40 |
| Stufe 6 | 140 | 90 |

Die Chromatogramme der aus den Müllproben ausgetriebenen, an Aktivkohle adsorbierten und mit Methylenchlorid extrahierten Verbindungen sind nachfolgend abgebildet.
Die durch die Ozonisierung entstandenen Verbindungen sind mit "*", der innere Standard ist durch "★" in den Chromatogrammen gekennzeichnet.

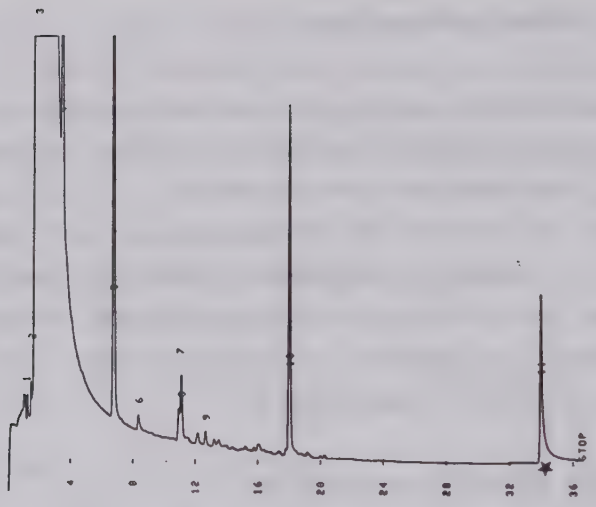



Abb. 24 : Stufe 1, vor Ozonisierung

0.5 ul 35°/0.5 Min//20°/Min//45°/1 Min//3°/Min//160°

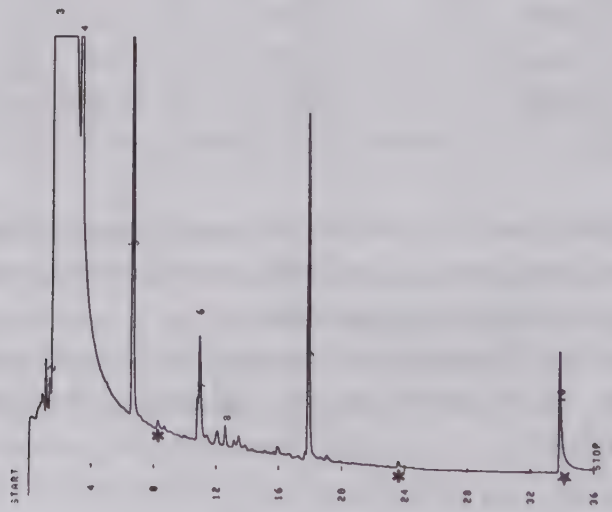



Abb. 25 : Stufe 1, nach Ozonisierung

0.5 ul 35°/0.5 Min//20°/Min//45°/1 Min//3°/Min//160°

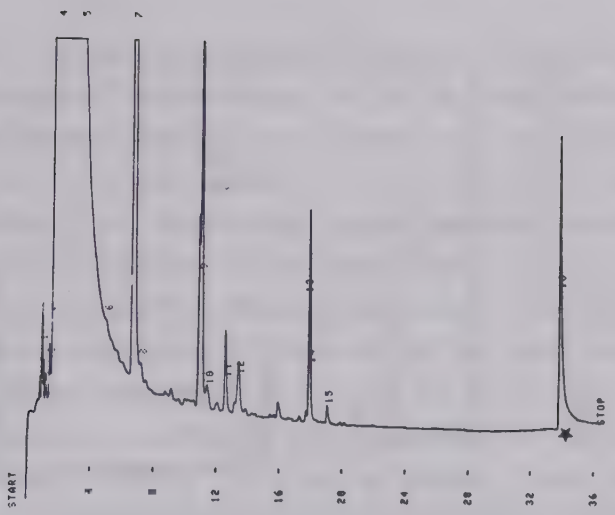



Abb. 26 : Stufe 3, vor Ozonisierung
1 ul 35°/0.5 Min//20°/Min//45°/1 Min//3°/Min//160°

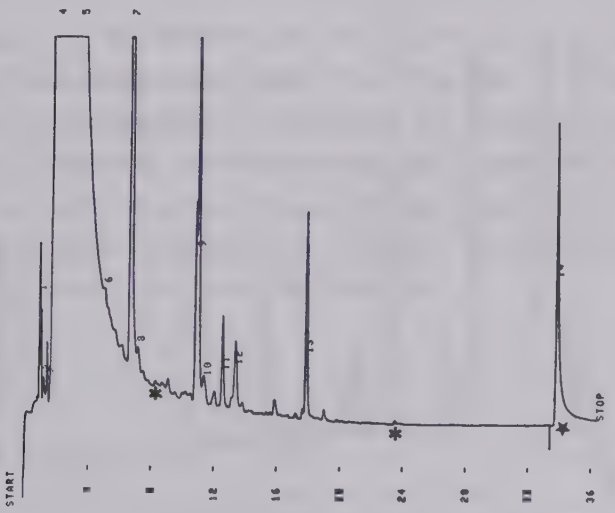



Abb. 27 : Stufe 3, nach Ozonisierung
1 ul 35°/0.5 Min//20°/Min//45°/1 Min//3°/Min//160°

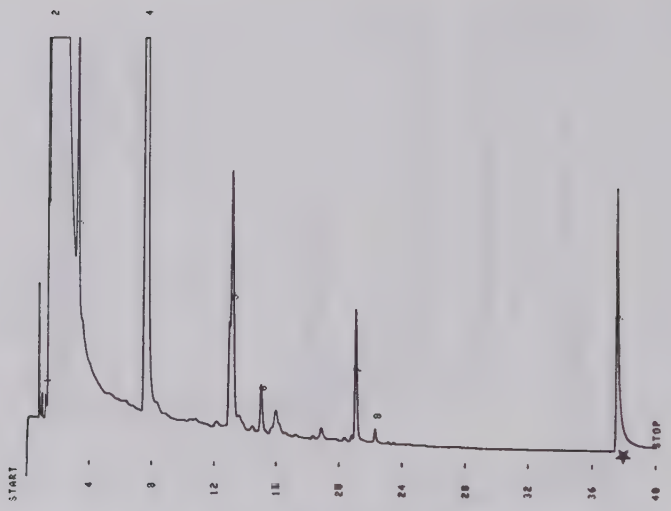



Abb. 28 : Stufe 6, vor Ozonisierung
1 ul 40°/5 Min//3°/Min//160°

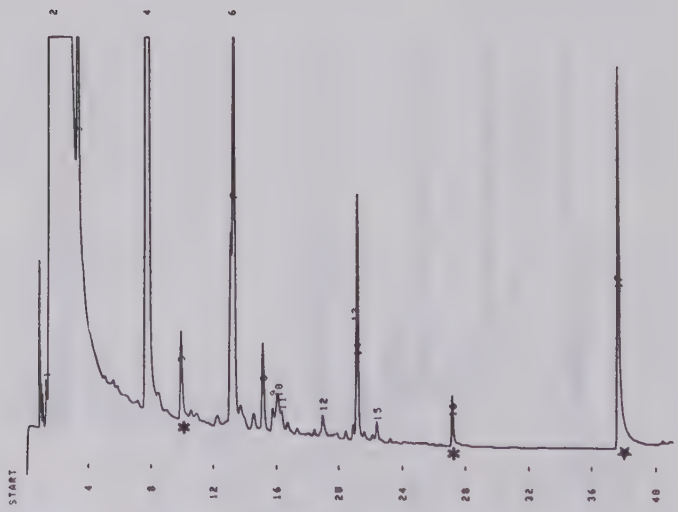



Abb. 29 : Stufe 6, nach Ozonisierung
1 ul 40°/5 Min//3°/Min//160°

Vergleicht man die Chromatogramme der Proben vor der Ozonolyse mit denen nach der Ozonbehandlung, so ist bei steigendem Ozongehalt die vermehrte Bildung zweier Substanzen (Retentionszeiten 8.3 und 23.6 Min in Abb. 25 und 27, 10.2 und 27.3 Min in Abb. 29) festzustellen. Ein totaler Abbau vor der Ozonolyse vorhandener Verbindungen ist hingegen nicht zu verzeichnen.
Um polarere und schwerer flüchtige Verbindungen einer Bestimmung zugänglich zu machen wurde ein Acetonextrakt der nicht ausgeblasenen Müllproben untersucht.
Im Acetonextrakt sind die neu gebildeten Substanzen in höherer Konzentration vorhanden, die leicht flüchtigen treten dagegen weniger in Erscheinung. Aufgrund der erforderlichen Lösungsmittelmenge beim Acetonextrakt, muß beim Vergleich mit den ausgetriebenen Proben ein Faktor von 215 berücksichtigt werden.

Als Beispiel sei das Chromatogramm des Extrakts der Probe mit der höchsten Ozonkonzentration (Stufe 6) im Vergleich zur nicht ozonisierten Probe dargestellt. Es kann auch bei den Acetonextrakten kein totaler Abbau von Substanzen durch Ozon nachgewiesen werden. Die zwei neu gebildeten Verbindungen (Retentionszeiten 10.2, 27.3 Min) sind in höherer Konzentration vorhanden, was auf Substanzen mit polaren funktionellen Gruppen hindeutet.

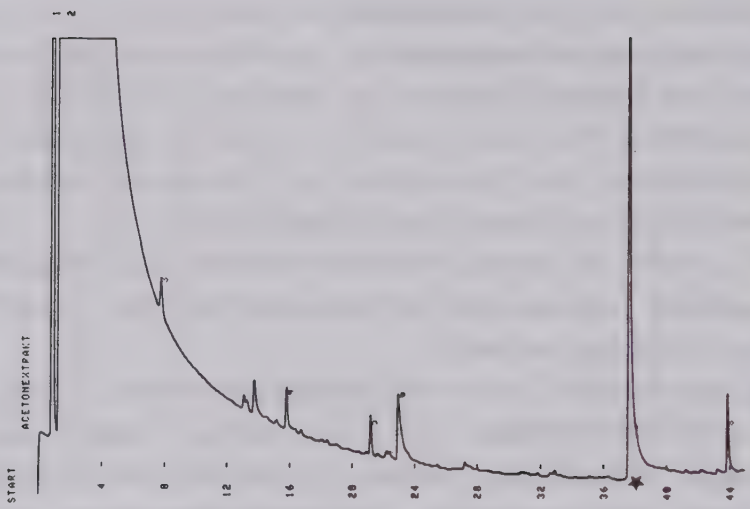



Abb. 30 : Stufe 6, vor Ozonisierung, Acetonextrakt
1 ul 40°/5 Min//3°/Min//160°

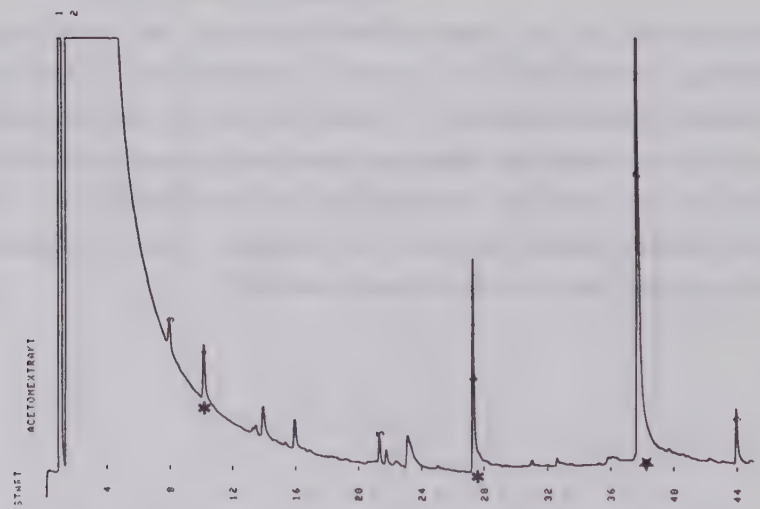



Abb. 31 : Stufe 6, nach Ozonisierung, Acetonextrakt
1 ul 40°/5 Min//3°/Min//160°

Desweiteren wurde ein Versuch durchgeführt, bei dem mit unterschiedlichen Verbindungsklassen dotierte Müllproben mit hohen Ozonkonzentrationen (6000 ppm) begast wurden. Alkohole (Butanol, Pentanol, Hexanol, Heptanol), Aldehyde (Butyraldehyd, Valeraldehyd, Hexanal, Heptanal) und ungesättigte Verbindungen ( Octen-1, Nonen-4, Ölsäure, Linolsäure, Linolensäure) wurden auf Müllproben aufgetragen (siehe Kap. 6.8.2.) und ozonisiert. Zum Vergleich und zur Bestimmung der Wiederfindungsraten dienten nicht ozonisierte Müllproben, die mit derselben Menge oben genannter Verbindungen dotiert waren.

Zuerst wurden die leicht flüchtigen Substanzen ausgetrieben, an Aktivkohle adsorbiert und mit Methylenchlorid extrahiert. Danach erfolgte die Kaltextraktion der ausgeblasenen Proben mit Aceton.

Tabelle 60: Wiederfindungsraten in Prozent

| Alhohole | ausgetrieben | | extrahiert | | gesamt | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | vor oz. | nach oz. | vor oz. | nach oz. | vor oz. | nach oz. |
| Butanol | 15.3 | 13.1 | 27.0 | 28.7 | 42.3 | 41.8 |
| Pentanol | 7.9 | 14.8 | 51.2 | 47.1 | 59.1 | 61.9 |
| Hexanol | 10.5 | 9.9 | 39.3 | 40.4 | 49.8 | 50.3 |
| Heptanol | 5.9 | 5.2 | 36.5 | 39.0 | 42.4 | 44.2 |

| Aldehyde | ausgetrieben | | extrahiert | | gesamt | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | vor oz. | nach oz. | vor oz. | nach oz. | vor oz. | nach oz. |
| Valeraldehyd | 3.0 | 8.5 | 30.8 | 21.9 | 33.8 | 30.4 |
| Hexanal | 6.0 | 8.8 | 53.8 | 50.0 | 59.8 | 58.8 |
| Heptanal | 2.9 | 4.5 | 48.4 | 46.1 | 51.3 | 50.6 |

Fortsetzung Tabelle 60

| unges. Verb. | ausgetrieben | | extrahiert | | gesamt | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | vor oz. | nach oz. | vor oz. | nach oz. | vor oz. | nach oz. |
| Octen-1 | 75.7 | 59.8 | 7.6 | 7.1 | 83.3 | 66.9 |
| Nonen-4 | 56.5 | 42.6 | 18.7 | 16.1 | 75.2 | 58.8 |

Nur bei den ungesättigten Verbindungen ist ein Abbau nachzuweisen. Da sich die entstandenen polareren Reaktionsprodukte nur wenig austreiben lassen (Siehe Wiederfindugsraten Aldehyde), konnten in den Chromatogrammen keine Reaktionsprodukte gefunden werden. Dagegen ist eine Zunahme um den Faktor zwei der beiden neu entstehenden Verbindungen aus dem Müll gegenüber den bei geringeren Ozonkonzentrationen durchgeführten Ozonisierungen zu verzeichnen.

Die Identifizierung der flüchtigen Hauptkomponenten wurde mit der GC/Massenspektroskopie durchgeführt. Die wesentlich geringere Empfindlichkeit des Massenspektrometers (im "scan" Betrieb) machte die Identifizierung kleinerer Peaks trotz Einengung der Probenlösung (im Kuderna Danish Konzentrator) auf etwa ein Fünfzigstel des ursprünglichen Volumens unmöglich.

Da sich das verwendete Heizprogramm der dargestellten Chromatogramme der Proben (Abb. 24-27) von dem der Proben (Abb. 28-31) unterscheidet, sind die Retentionszeiten der identifizierten Substanzen für beide Fälle angegeben.

Tabelle 61: Retentionszeiten der identifizierten Substanzen

| | Stufe 1,3 | Stufe 6, Extrakte |
|---|---|---|
| Toluol | 6.7 | 7.7 |
| 3-Methylpentanal # | 8.3 | 10.2 |
| Xylol | 10.9/11.0 | 13.1/13.2 |
| Limonen | 18.0 | 21.1 |
| Nonanal | 23.6 | 27.3 |

# nicht eindeutig zuzuordnen

3-Methylpentanal konnte nicht eindeutig durch Vergleich mit der Spektrenbibliothek identifiziert werden, da die genannte Verbindung nicht enthalten ist. Über die auftretenden Fragmente im Massenspektrum ist jedoch die Substanzklasse der Aldehyde bewiesen und über das Molekülion die Molmasse der Verbindung. Da bei Aldehyden die Mc Lafferty-Umlagerung häufig ist, bei welcher ein gamma Wasserstoffatom die Voraussetzung zur Umlagerung ist, kann bei der auftretenden Massenzahl 44 im Massenspektrum eine Verzweigung in alpha Stellung des Aldehyds ausgeschlossen werden. Das Vorliegen von n-Hexanal kann wegen der nicht übereinstimmenden Retentionszeit mit dem Aldehydstandard ausgeschlossen werden. Somit bleibt als mögliche Zuordnung 3-Methyl- oder 2-Methylpentanal.

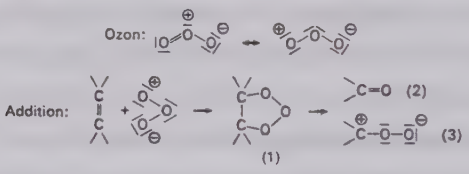
Die Entstehung von Nonanal kann durch Ozonspaltung der Doppelbindung der Ölsäure erklärt werden. Ölsäure ist die am häufigsten vorkommende ungesättigte Fettsäure, die als Glycerinester in den natürlichen Fetten vorkommt <33>.

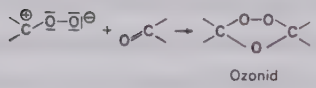
Für die Entstehung des niedereren Aldehyds wurde noch keine

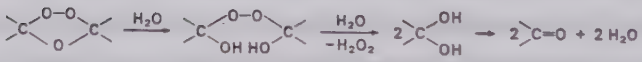
Erklärung gefunden.

Für die Reaktion des Ozons mit organischen Verbindungen werden zwei Mechanismen diskutiert :

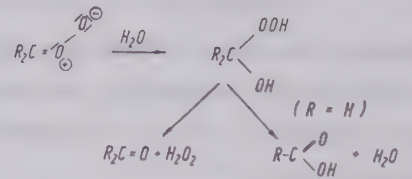
1. Durch 1,3 dipolare Addition an die Doppelbindung entsteht das "Primärozonid" (1,2,3 Trioxolan), das sich in das eigentliche Ozonid umlagert (Criegee Mechanismus).




Bei der Hydrolyse des Ozonids werden die Sauerstoffbrücken unter Bildung von Aldehyden bzw. Ketonen aufgespalten. Das entstehende Wasserstoffperoxid kann den gebildeten Aldehyd weiter zur Säure oxidieren <34>. In wässrigem Medium erfolgt keine Ozonidbildung, da aus dem Zwitterion ein Hydroxyperoxid entsteht, das sich durch Abspaltung von Wasser oder Wasserstoffperoxid stabilisiert <35>:




2. Bei Ozonisierungen in wäßrigem Medium wird ein radikalisch

verlaufender Mechanismus durch die Bildung von Hydroxylradikalen von einigen Autoren herausgestellt <35, 36, 37), welcher zur dipolaren Addition in Konkurenz tritt.

$$O_3 + H_2O \longrightarrow HO_3^{\cdot} + OH^-$$
$$HO_3^{\cdot} + OH^- \rightleftharpoons 2\,HO_2^{\cdot}$$
$$O_3 + HO_2^{\cdot} \longrightarrow {}^{\cdot}OH + 2\,O_2$$
$$HO^{\cdot} + HO_2^{\cdot} \longrightarrow H_2O + O_2$$

Wegen der hohen Reaktivität der Hydroxylradikale ist die Selektivität der radikalisch verlaufenden Reaktionen gering; die Reaktionsmöglichkeiten mit organischen Substanzen sind komplex.
Für Ozonisierungen in wäßrigem Reaktionsmedium bei neutralem pH Wert werden nach heutigem Kenntnisstand beide Reaktionsmechanismen zugrunde gelegt. Bei Aromaten wird als Eingangsreaktion die radikalische Hydroxylierung angegeben; die 1,3 dipolare Addition wird nach Ansicht der Autoren erst beim Aufbruch des aromatischen Rings wirksam <35>.

Bei den durchgeführten Ozonisierungen kann infolge des geringen Wassergehalts der Proben (ca. 3-5%) eine überwiegende Reaktion nach dem Criegee-Mechanismus angenommen werden. Hoigne und Bader berichten über die nur sehr langsam erfolgende Oxidation von Alkoholen und Aldehyden bei Reaktionsbedingungen, durch welche die 1,3 dipolare Addition gegenüber der radikalischen Umsetzung begünstigt sind (niedrige pH Werte). Carbonsäuren erwiesen sich als nahezu inert. Aliphatische und aromatische Doppelbindungen werden durch Chlorsubstituenten desaktiviert, während die Reaktionsfreudigkeit der Methyl-Benzole mit steigendem Methylierungsgrad zunimmt <38,39>.

## 3.2. Bundesmodell Abfallverwertung Dußlingen

### 3.2.1. Schwermetalle

#### 3.2.1.1. Konzentrationen nach den Einzelaggregaten

Die untersuchten Müllfraktionen untergliedern sich in Proben aus der Verfahrenshalle und der Feinaufbereitung. Die Verfahrensschritte der Rohmüllklassierung bestehen aus Siebung (Primärtrommelsieb, Sekundärtrommelsieb, Spannwellensieb) und der ballistischen Sichtung. Ferromagnetische Anteile werden mit Magnetabscheidern separiert. Die Siebfraktion 20-60 mm (Kompostrohmasse) durchläuft nach der Rotte (Verfahren nach Bühler) die Feinaufbereitung. Der Siebrest > 8 mm wird mittels Trommelsieb abgetrennt; ein nachgeschalteter Hartstoffabscheider sondert Glas, Steine usw. aus. Aus der Absaugung am Hartstoffabscheider resultiert eine flugfähige Leichtfraktion, die der nicht flugfähigen Kompostfraktion nach Passieren des Hartstoffauslesers wieder zugeführt wird. Bei der Probenahme am 4.7.86 wurde die Kompostleichtfraktion zusätzlich untersucht, um Aufschluß über die Möglichkeit der Schwermetallabminderung durch Windsichtung des Feinkomposts zu erhalten.

Die Proben wurden aus dem laufenden Gut an den tabellarisch aufgeführten Probenahmestellen jeweils an Übergabestellen (Eintrag bzw. Austrag) entnommen (siehe Verfahrensschema Kap. 2.2.1.).

Tabelle 62: Probenahmestellen

| Fraktion | Lokalisierung |
|---|---|
| < 100 mm | Eintrag in die Sekundärsiebtrommel nach dem Magnetabscheider |
| 100-60 mm | Eintrag PLM Ballistiksichter |
| PLM leicht | Austrag PLM Ballistiksichter |
| PLM schwer | Austrag PLM Ballistiksichter |
| < 60 mm | Übergabestelle Austrag Sekundärsiebtrommel |
| < 20 mm | Austrag Spannwellensieb |
| 20-60 mm | Austrag Homogenisierungstrommel |
| Komp. n. Rotte (Graphiken KB) | Austrag Kastenbeschicker |
| Siebrest (Graphiken SR) | Austrag Siebtrommel |
| Komp. n. Siebung (Graphiken KnS) | Übergabestelle Eintrag in den Hartstoffabscheider |
| Hartstoffe (Graphiken H) | Austrag Hartstoffabscheider |
| Komp. 0-8 mm (Graphiken K 0-8) | Austrag Gesamtkompostfraktion |
| Komp. leicht | Übergabestelle nach der Absaugung des Hartstoffabscheiders |

In den nachfolgenden Tabellen sind die Gesamtmittelwerte aller Meßwerte, den ausreißerbereinigten Mittelwerten, die durch den Grubbs Test bestimmt wurden, für jedes Metall gegenübergestellt.

Tabelle 63: Bleigehalt (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

Verfahrenshalle

| | <100mm | <60mm | 100-60mm | PLM leicht | PLM schwer | <20mm | 20-60mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 295 | 828 | 1992 | 109 | 232 | 402 | 344 |
| Stdabw. | 271 | 1588 | 7417 | 64 | 491 | 274 | 297 |
| n | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 26 | 19 |
| Ges.mittel* | 185 | 288 | 107 | 109 | 96 | 402 | 296 |
| Stdabw.* | 85 | 247 | 38 | 64 | 60 | 274 | 224 |
| n | 16 | 16 | 15 | 19 | 17 | 26 | 18 |

Feinaufbereitung

| | Komp. n.Rotte | Sieb-rest | Komp. n.Sieb. | Hart-stoffe | Komp. 0-8mm | Komp. leicht |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 324 | 613 | 455 | 873 | 365 | 255 |
| Stdabw. | 335 | 909 | 261 | 386 | 155 | 21 |
| n | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | 5 |
| Ges.mittel* | 222 | 225 | 455 | 873 | 365 | 255 |
| Stdabw.* | 89 | 181 | 261 | 386 | 155 | 21 |
| n | 18 | 16 | 15 | 15 | 15 | 5 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test  n : Probenzahl

Tabelle 64: Kupfergehalt (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

Verfahrenshalle

| | <100mm | <60mm | 100-60mm | PLM leicht | PLM schwer | <20mm | 20-60mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 373 | 1791 | 835 | 674 | 287 | 1058 | 758 |
| Stdabw. | 424 | 2981 | 1435 | 915 | 494 | 1999 | 1435 |
| n | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 26 | 19 |
| Ges.mittel* | 294 | 318 | 148 | 354 | 82 | 314 | 190 |
| Stdabw.* | 268 | 308 | 103 | 334 | 52 | 221 | 154 |
| n | 18 | 14 | 13 | 16 | 15 | 20 | 13 |

Feinaufbereitung

| | Komp. n.Rotte | Sieb-rest | Komp. n.Sieb. | Hart-stoffe | Komp. 0-8mm | Komp. leicht |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 2083 | 814 | 257 | 744 | 196 | 165 |
| Stdabw. | 2427 | 1174 | 183 | 675 | 24 | 13 |
| n | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | 5 |
| Ges.mittel* | 1409 | 359 | 197 | 503 | 196 | 165 |
| Stdabw.* | 1341 | 272 | 41 | 223 | 24 | 13 |
| n | 18 | 17 | 13 | 13 | 15 | 15 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test  n : Probenzahl

Tabelle 65: Cadmiumgehalt (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

Verfahrenshalle

| | <100mm | <60mm | 100-60mm | PLM leicht | PLM schwer | <20mm | 20-60mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 3.0 | 3.3 | 4.0 | 5.0 | 3.9 | 3.4 | 4.9 |
| Stdabw. | 1.5 | 1.4 | 3.6 | 4.8 | 2.4 | 1.4 | 3.6 |
| n | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 26 | 19 |
| Ges.mittel* | 2.6 | 3.3 | 2.9 | 3.5 | 3.9 | 3.2 | 4.9 |
| Stdabw.* | 0.9 | 1.4 | 1.6 | 2.1 | 2.4 | 1.1 | 3.6 |
| n | 17 | 19 | 18 | 17 | 17 | 25 | 19 |

Feinaufbereitung

| | Komp. n.Rotte | Sieb-rest | Komp. n.Sieb. | Hart-stoffe | Komp. 0-8mm | Komp. leicht |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 4.9 | 6.8 | 3.1 | 1.9 | 3.4 | 2.7 |
| Stdabw. | 3.6 | 7.1 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.2 |
| n | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | 5 |
| Ges.mittel* | 4.9 | 4.9 | 3.1 | 1.9 | 3.4 | 2.7 |
| Stdabw.* | 3.6 | 2.8 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.2 |
| n | 20 | 18 | 15 | 15 | 15 | 5 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test  n : Probenzahl

Tabelle 66: Zinkgehalt (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

Verfahrenshalle

| | <100mm | <60mm | 100-60mm | PLM leicht | PLM schwer | <20mm | 20-60mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 755 | 1485 | 913 | 894 | 2045 | 918 | 913 |
| Stdabw. | 890 | 2524 | 1395 | 725 | 5417 | 1087 | 2076 |
| n | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 26 | 19 |
| Ges.mittel* | 554 | 379 | 369 | 681 | 489 | 729 | 377 |
| Stdabw.* | 263 | 173 | 121 | 350 | 311 | 549 | 178 |
| n | 18 | 14 | 16 | 17 | 16 | 25 | 17 |

Feinaufbereitung

| | Komp. n.Rotte | Sieb-rest | Komp. n.Sieb. | Hart-stoffe | Komp. 0-8mm | Komp. leicht |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 2053 | 526 | 828 | 612 | 864 | 630 |
| Stdabw. | 4470 | 373 | 151 | 320 | 139 | 33 |
| n | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | 5 |
| Ges.mittel* | 644 | 526 | 828 | 506 | 864 | 630 |
| Stdabw.* | 199 | 373 | 151 | 146 | 139 | 33 |
| n | 16 | 20 | 15 | 13 | 15 | 5 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test  n : Probenzahl

Tabelle 67: Chromgehalt (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

Verfahrenshalle

| | <100mm | <60mm | 100-60mm | PLM l | PLM s | <20mm | 20-60mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 113 | 144 | 51 | 44 | 90 | 162 | 126 |
| Stdabw. | 82 | 71 | 36 | 24 | 59 | 87 | 54 |
| n | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 26 | 19 |
| Ges.mittel* | 113 | 144 | 43 | 44 | 81 | 152 | 126 |
| Stdabw.* | 82 | 71 | 17 | 24 | 45 | 71 | 54 |
| n | 19 | 19 | 18 | 19 | 18 | 25 | 19 |

Feinaufbereitung

| | Komp. n.Rotte | Sieb-rest | Komp. n.Sieb. | Hart-stoffe | Komp. 0-8mm | Komp. leicht |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 186 | 272 | 95 | 215 | 76 | 84 |
| Stdabw. | 77 | 178 | 56 | 104 | 32 | 7 |
| n | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | 5 |
| Ges.mittel* | 186 | 272 | 95 | 215 | 76 | 84 |
| Stdabw.* | 77 | 178 | 56 | 104 | 32 | 7 |
| n | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | 5 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test  n : Probenzahl

Tabelle 68: Nickelgehalt (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

Verfahrenshalle

| | <100mm | <60mm | 100-60mm | PLM leicht | PLM schwer | <20mm | 20-60mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 68 | 162 | 166 | 81 | 45 | 123 | 91 |
| Stdabw. | 24 | 206 | 551 | 177 | 42 | 54 | 33 |
| n | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 26 | 19 |
| Ges.mittel* | 68 | 92 | 36 | 22 | 37 | 123 | 86 |
| Stdabw.* | 24 | 30 | 28 | 7 | 23 | 54 | 26 |
| n | 19 | 16 | 18 | 17 | 18 | 26 | 18 |

Feinaufbereitung

| | Komp. n.Rotte | Sieb-rest | Komp. n.Sieb. | Hart-stoffe | Komp. 0-8mm | Komp. leicht |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 141 | 163 | 89 | 178 | 68 | 61 |
| Stdabw. | 58 | 67 | 37 | 62 | 17 | 4 |
| n | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | 5 |
| Ges.mittel* | 133 | 163 | 82 | 178 | 68 | 61 |
| Stdabw.* | 47 | 67 | 28 | 62 | 17 | 4 |
| n | 19 | 20 | 14 | 15 | 15 | 5 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test  n : Probenzahl

Tabelle 69: Quecksilbergehalt (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

Verfahrenshalle

| | <100mm | <60mm | 100-60mm | PLM leicht | PLM schwer | <20mm | 20-60mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 1.5 | 0.5 | 0.9 | 0.3 | 0.8 | 0.7 | 0.9 |
| Stdabw. | 2.0 | 0.3 | 0.7 | 0.2 | 1.6 | 0.7 | 1.5 |
| n | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 26 | 19 |
| Ges.mittel* | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 0.5 |
| Stdabw.* | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.3 |
| n | 12 | 18 | 18 | 19 | 17 | 15 | 17 |

Feinaufbereitung

| | Komp. n.Rotte | Sieb-rest | Komp. n.Sieb. | Hart-stoffe | Komp. 0-8mm | Komp. leicht |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 2.2 | 7.1 | 2.3 | 2.4 | 2.6 | 1.9 |
| Stdabw. | 1.9 | 15.3 | 1.2 | 3.3 | 0.8 | 0.7 |
| n | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | 5 |
| Ges.mittel* | 1.7 | 1.8 | 2.3 | 1.2 | 2.6 | 1.9 |
| Stdabw.* | 1.2 | 2.0 | 1.2 | 1.1 | 0.8 | 0.7 |
| n | 18 | 17 | 15 | 13 | 15 | 5 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test  n : Probenzahl

Tabelle 70: Eisengehalt (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

Verfahrenshalle

| | <100mm | <60mm | 100-60mm | PLM leicht | PLM schwer | <20mm | 20-60mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 7458 | 7027 | 3565 | 2511 | 8013 | 10001 | 7658 |
| Stdabw. | 3573 | 2159 | 4380 | 697 | 10098 | 2142 | 4380 |
| n | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 26 | 19 |
| Ges.mittel* | 6860 | 7027 | 2866 | 2511 | 4341 | 9755 | 7658 |
| Stdabw.* | 2583 | 2159 | 1077 | 697 | 1914 | 1789 | 4380 |
| n | 18 | 19 | 18 | 19 | 17 | 25 | 19 |

Feinaufbereitung

| | Komp. n.Rotte | Sieb-rest | Komp. n.Sieb. | Hart-stoffe | Komp. 0-8mm | Komp. leicht |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 21379 | 14757 | 16670 | 16810 | 16721 | 17310 |
| Stdabw. | 11708 | 8694 | 2965 | 5093 | 2221 | 1062 |
| n | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | 5 |
| Ges.mittel* | 16834 | 13497 | 16670 | 16810 | 16721 | 17310 |
| Stdabw.* | 3784 | 6918 | 2965 | 5093 | 2221 | 1062 |
| n | 17 | 19 | 15 | 15 | 15 | 5 |

* ausreißerbereinigt nach Grubbs Test  n : Probenzahl

Durch die Absiebung der Fraktion 60-100 mm aus der Müllfraktion < 100 mm wird eine Reduzierung der Schwermetallgehalte in der groben Siebfraktion erzielt. Daraus resultiert eine Zunahme der Schwermetalle in der Fraktion < 60 mm. Dies gilt besonders für Blei, Kupfer, Nickel, Chrom, Eisen und Quecksilber. Zink dagegen ist gleich verteilt.

Der Siebfraktion 60-100 mm werden in unterschiedlicher Menge die zerkleinerte Siebfraktion > 300 mm nach Passieren der Handlesestrecke und die Primärsiebtrommelfraktion 100-300 mm zugemischt. Somit stammt das Material, das im Ballistiksichter getrennt wird nur in untergeordnetem Maße aus der Sekundärtrommelabsiebung. Bezüglich der Schwermetalle ist durch die ballistische Sichtung im PLM Sichter nur eine Abminderung in der resultierenden Leichtfraktion für Eisen, Chrom, und Nickel festzustellen. Während bei Blei, Cadmium, und Quecksilber Gleichverteilung zwischen Schwer- und Leichtfraktion vorliegt, werden Kupfer und Zink in der Leichtfraktion sogar in höherer Konzentration gefunden. Bei den Probenahmen war eine Überlastung des des PLM Sichters festzustellen. Kupferkabel fanden sich häufig in der Leichtfraktion, die hauptsächlich aus Papier, Kartonagen, Kleidungsstücken und Kunststoffolien besteht.

Die Absiebung der Fraktion < 20 mm aus der Sekundärtrommelabsiebung mittels Spannwellensieb bringt in der gewonnenen Kompostrohmasse (20-60 mm) keine signifikante Schwermetallabminderung. Auf die Feinabsiebung kann daher unter Vergrößerung der organischen Masse, die dann der Kompostierung zugeführt wird, verzichtet werden.

Nach der Rotte (Mietenkompostierung nach Bühler) werden Siebrest

> 8 mm und Hartstoffe in der Feinaufbereitung abgetrennt.

Durch die Abtrennung des Siebrests (vorwiegend Eliminierung von Inertstoffen) werden grobstückige Metallteile (Batterien, Kupferrohre, Messingformteile usw.) eliminiert, was in der resultierenden Fraktion "Kompost nach Siebung" bei Blei, Kupfer, Zink und Quecksilber zu einer deutlichen Verminderung der Ausreißer führt. Für Kupfer, Cadmium, Chrom und Nickel ist eine Abminderung der Gehalte durch Absiebung des Siebrests > 8 mm zu verzeichnen, die anderen Metalle dagegen erfahren durch die Absiebung eine Anreicherung.

Die Schwermetallgehalte der abgetrennten Hartstoffe sind für Blei, Kupfer, Chrom und Nickel erhöht, was aber nur zu einer geringen Abminderung dieser Metalle im erzeugten Kompost führt, da die Hartstoffe nur etwa 5 % des gesamten Rohkompostinputs ausmachen. Für Cadmium, Zink und Quecksilber resultieren Zunahmen der Gehalte durch die Hartstoffabscheidung im Kompost der Körnung 0-8 mm.

Da durch Abrieb bei der Probenzerkleinerung besonders bei den Fraktionen "Siebrest" und "Hartstoffe" die Einschleppung von Chrom und Nickel aus den aus Chrom-Nickel-Stahl bestehenden Siebeinsätzen nicht auszuschließen ist, könnten die ermittelten Werte für Chrom und Nickel überhöht sein.

Die nicht ausreißerbereinigten Mittelwerte der Schwermetallgehalte bei den durchgeführten Probenahmen sind nachfolgend graphisch dargestellt. Die Reihenfolge der untersuchten Fraktionen von links nach rechts entspricht dem Gang des Mülls durch die Anlage. Den Mittelwerten folgen die Gesamtmittelwerte und deren Standardabweichungen.

Abb. 32

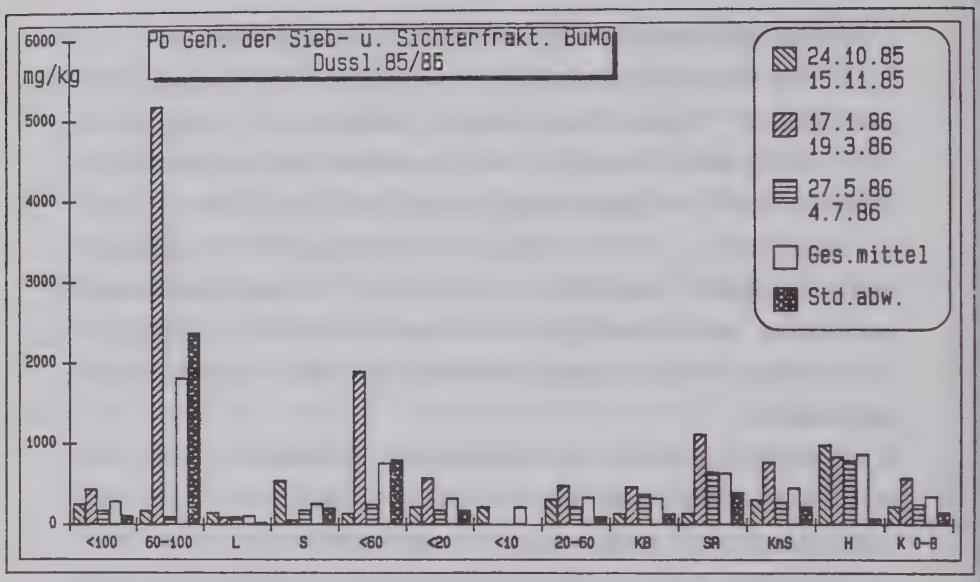

Pb Gen. der Sieb- u. Sichterfrakt. BuMo
Dussl.85/86
mg/kg
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
24.10.85
15.11.85
17.1.86
19.3.86
27.5.86
4.7.86
Ges.mittel
Std.abw.
<100
60-100
L
S
<60
<20
<10
20-60
KB
SR
KnS
H
K 0-8

Abb. 33

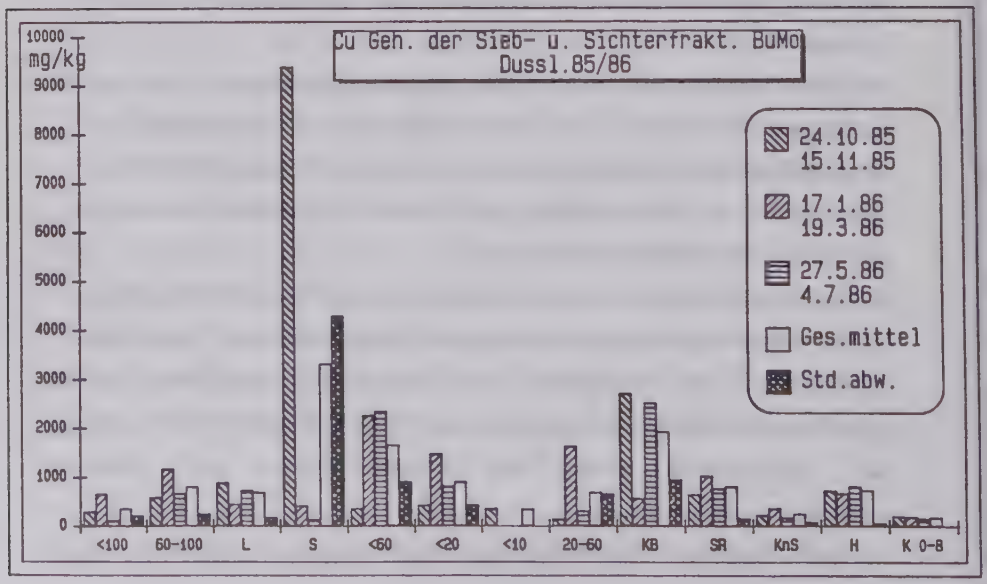

Cu Gen. der Sieb- u. Sichterfrakt. BuMo
Dussl.85/86
mg/kg
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
24.10.85
15.11.85
17.1.86
19.3.86
27.5.86
4.7.86
Ges.mittel
Std.abw.
<100
60-100
L
S
<60
<20
<10
20-60
KB
SR
KnS
H
K 0-8

Abb. 34

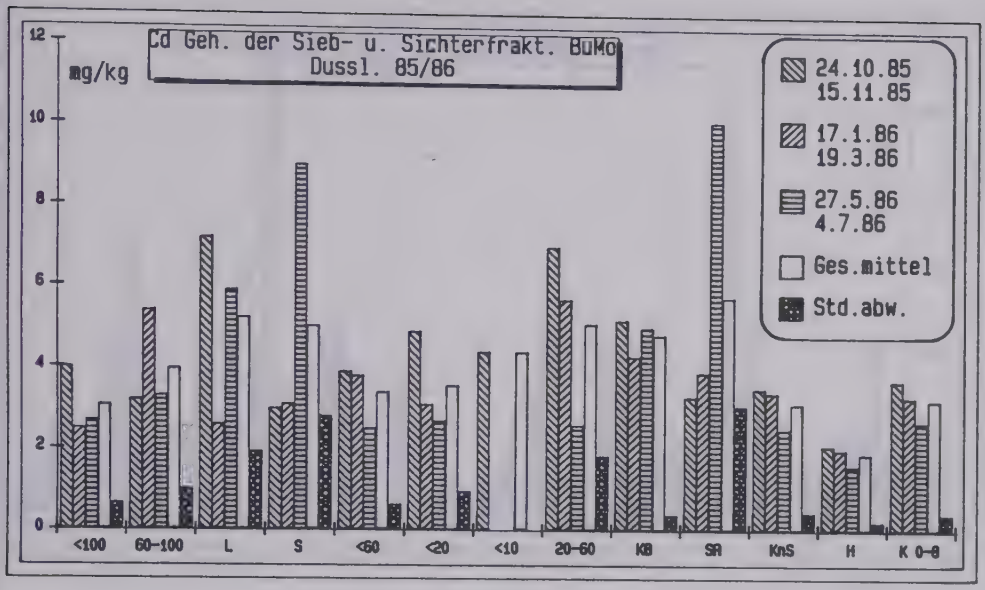

Cd Geh. der Sieb- u. Sichterfrakt. BuMo
Dussl. 85/86
mg/kg
12
10
8
6
4
2
0
24.10.85
15.11.85
17.1.86
19.3.86
27.5.86
4.7.86
Ges.mittel
Std.abw.
<100
60-100
L
S
<60
<20
<10
20-60
KB
SR
KnS
H
K 0-8

Abb. 35

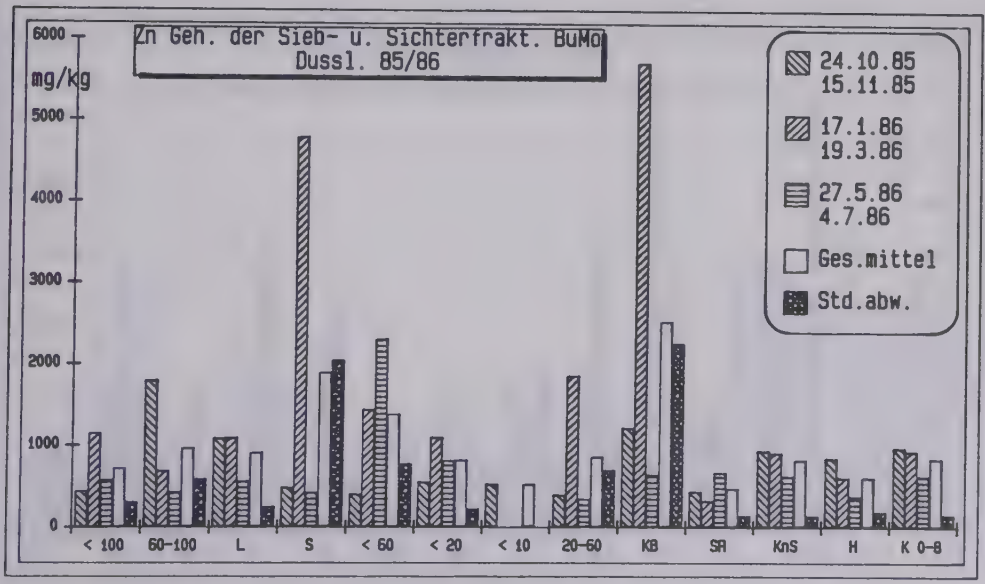

Zn Geh. der Sieb- u. Sichterfrakt. BuMo
Dussl. 85/86
mg/kg
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
24.10.85
15.11.85
17.1.86
19.3.86
27.5.86
4.7.86
Ges.mittel
Std.abw.
< 100
60-100
L
S
< 60
< 20
< 10
20-60
KB
SR
KnS
H
K 0-8

Abb. 36

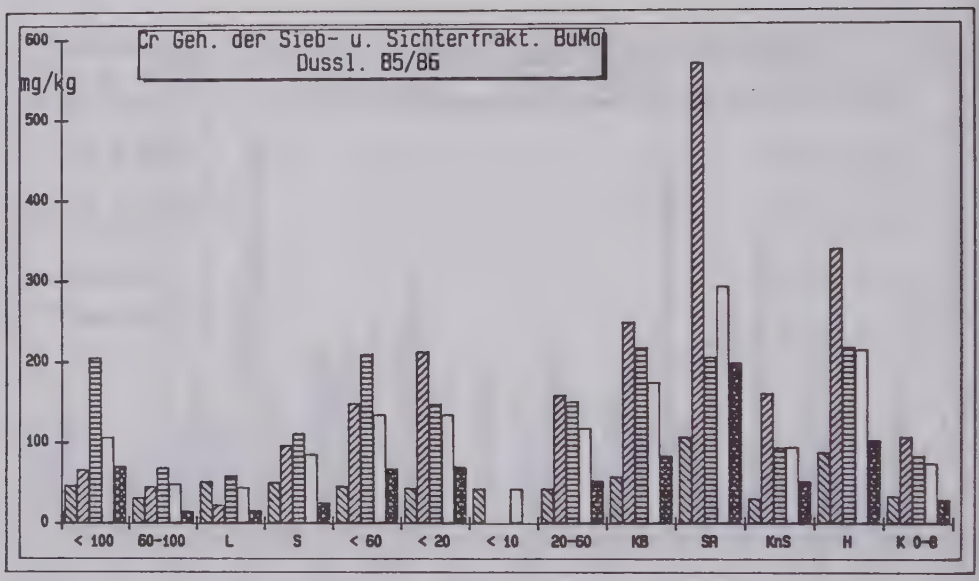

Cr Geh. der Sieb- u. Sichterfrakt. BuMo
Dussl. 85/86
mg/kg
600
500
400
300
200
100
0
< 100
60-100
L
S
< 60
< 20
< 10
20-60
KB
SR
KnS
H
K 0-8

Abb. 37

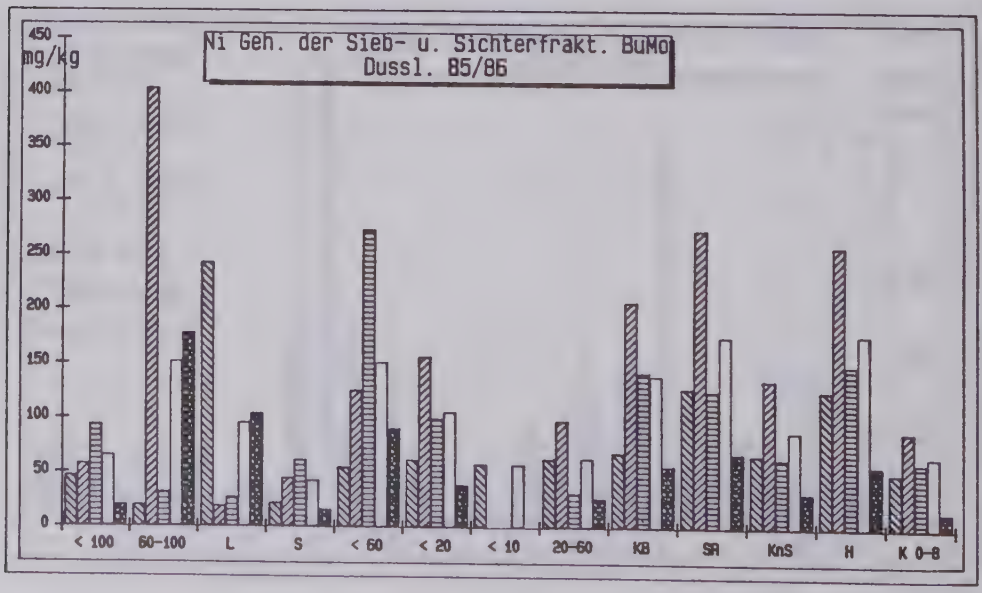

Ni Geh. der Sieb- u. Sichterfrakt. BuMo
Dussl. 85/86
mg/kg
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
< 100
60-100
L
S
< 60
< 20
< 10
20-60
KB
SR
KnS
H
K 0-8

Abb. 38

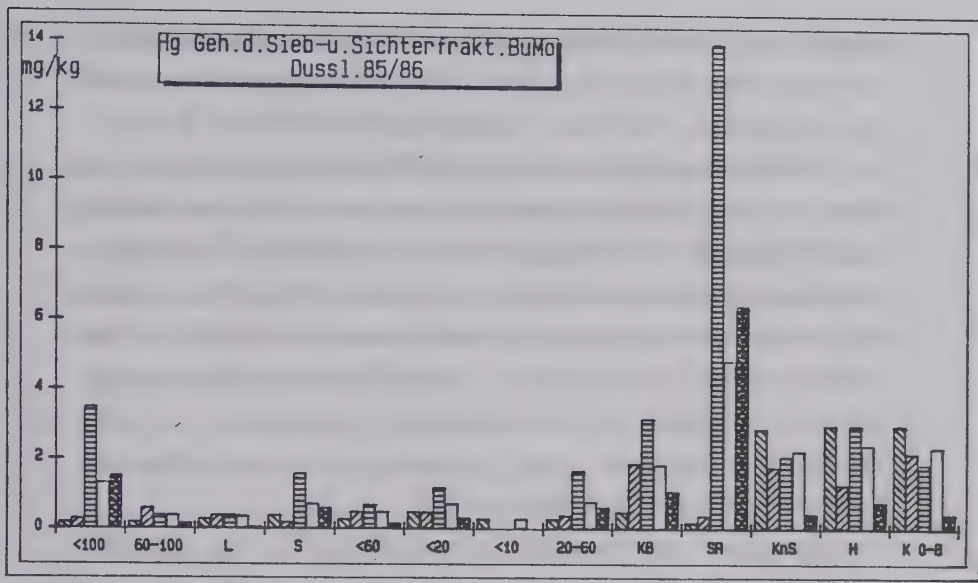
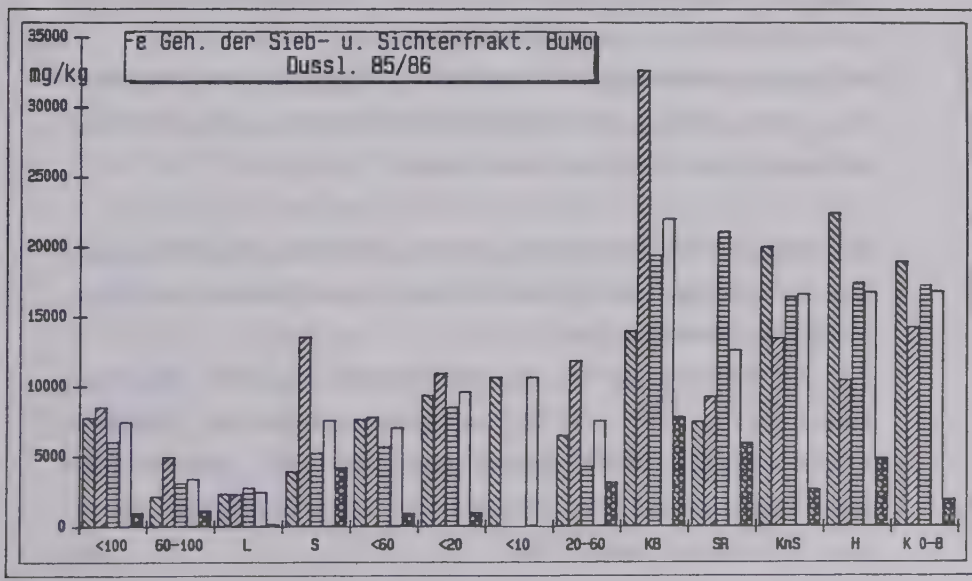

Hg Geh.d.Sieb-u.Sichterfrakt.BuMo
Dussl.85/86
mg/kg
14
12
10
8
6
4
2
0
<100
60-100
L
S
<60
<20
<10
20-60
KB
SR
KnS
H
K 0-8

Abb. 39


Fe Geh. der Sieb- u. Sichterfrakt. BuMo
Dussl. 85/86
mg/kg
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
<100
60-100
L
S
<60
<20
<10
20-60
KB
SR
KnS
H
K 0-8

Durch Vergleich der Schwermetallgehalte (siehe Tabellenanhang, Probenahme Feinaufbereitung vom 4.7.86) der am Hartstoffabscheider abgesaugten, flugfähigen Kompostleichtfraktion mit den Gehalten der Gesamtkompostfraktion der Körnung 0-8 mm (flugfähige und nicht flugfähige Fraktion sind vereinigt) wird deutlich, daß eine nachgeschaltete Windsichtung des Feinkomposts keine Reduzierung der Schwermetallgehalte bringt. Für Kupfer, Blei, Zink, Cadmium und Quecksilber sind sogar geringe Zunahmen der Gehalte in den Leichtfraktionen zu verzeichnen. Daraus kann geschlossen werden, daß die genannten Metalle im Kompost hauptsächlich in einer Bindungsform vorliegen, in der sie durch ballistische Verfahrensschritte nicht mehr abtrennbar sind.
Untersuchungen von Komposten und Rottestufen in den Hausmüllkompostierungsanlagen Heidenheim und Singen <40> ergaben, daß während der Rotte die zunächst in großem Umfang metallisch vorliegenden Schwermetalle in Verbindungen übergehen, die dann nicht mehr einer Schweretrennung zugänglich sind.
Nur durch Abtrennung der metallischen Anteile vor der Kompostierung kann demnach eine entscheidende Minderung des Schwermetallgehalts im Kompost erreicht werden.

Lösungsansätze zur Optimierung der Kompostierung wurden überlegt. Eine Variante war die Entfrachtung der Kompostrohmasse von Störstoffen und Schwermetallen.
Bei der Untersuchung über die Effektivität eines MUT Rollgutabscheiders, bei der aus der Kompostrohmasse nach der Homogenisierungstrommel rollfähiges Gut abgetrennt wurde, konnte keine Schwermetallentfrachtung des erzielten rollgutentfrachteten Outputs festgestellt werden <41>.

### 3.2.1.2. Berechnung der theoretischen Probenzahl für vorgegebene Vertrauensbereiche

Um einschätzen zu können, wieviel Proben der unterschiedlichen Fraktionen untersucht werden müssen, um den Gesamtgehalt mit einer bestimmten Sicherheit angeben zu können, wurden die theoretisch erforderlichen Probenzahlen für vorgegebene Vertrauensbereiche für eine bestimmte statistische Sicherheit über folgende Beziehung berechnet <42-44> :

$$n = \left(\frac{s \cdot t}{VB}\right)^2$$

s : Standardabweichung der gemessenen Werte

t : Student Faktor, abhängig von Probenzahl und Vertrauenswahrscheinlichkeit

Es wurden die Probenzahlen für drei Vertrauensbereiche mit der jeweils entsprechenden statistischen Sicherheit berechnet :

* VB 80 % (Mittelwert ± 20 % Abweichung) 80 % der Meßwerte liegen innerhalb und 20 % außerhalb des Intervalls
* VB 90 % (Mittelwert ± 10 % Abweichung) und 90 % der Meßwerte liegen innerhalb, 10 % außerhalb des Intervalls
* VB 95 % (Mittelwert ± 5 % Abweichung), 95 % der Meßwerte liegen innerhalb und 5 % außerhalb des Intervalls

Mit Verengung des Abweichungsintervalls und steigender statistischer Sicherheit steigt die notwendige Probenzahl exponentiell an.

**Verfahrenshalle**

Tabelle 71: theoretische Probenzahl der Fraktion < 100 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 37 | 57 | 11 | 13 | 23 | 6 | 82 | 10 |
| VB 90 | 252 | 387 | 76 | 88 | 156 | 38 | 559 | 69 |
| VB 95 | 1479 | 2270 | 444 | 517 | 915 | 222 | 3282 | 402 |

Tabelle 72: theoretische Probenzahl der Fraktion < 60 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 79 | 108 | 8 | 60 | 11 | 15 | 19 | 4 |
| VB 90 | 540 | 737 | 53 | 410 | 73 | 105 | 127 | 28 |
| VB 95 | 3170 | 4348 | 313 | 2409 | 427 | 618 | 744 | 165 |

Tabelle 73: theoretische Probenzahl der Fraktion < 100-60 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 104 | 92 | 16 | 60 | 22 | 30 | 47 | 34 |
| VB 90 | 710 | 628 | 111 | 405 | 152 | 204 | 317 | 233 |
| VB 95 | 4168 | 3689 | 651 | 2381 | 889 | 1197 | 1858 | 1365 |

Tabelle 74: theoretische Probenzahl der Fraktion PLM Leicht

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 15 | 81 | 41 | 29 | 14 | 9 | 9 | 3 |
| VB 90 | 102 | 551 | 275 | 197 | 92 | 61 | 61 | 23 |
| VB 95 | 596 | 3227 | 1611 | 1153 | 540 | 361 | 357 | 135 |

Tabelle 75: theoretische Probenzahl der Fraktion PLM Schwer

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 198 | 131 | 35 | 31 | 19 | 7 | 28 | 47 |
| VB 90 | 1343 | 886 | 236 | 213 | 127 | 50 | 192 | 321 |
| VB 95 | 7872 | 5192 | 1385 | 1254 | 746 | 284 | 1130 | 1883 |

Tabelle 76: theoretische Probenzahl der Fraktion < 20 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 20 | 77 | 8 | 27 | 12 | 8 | 48 | 2 |
| VB 90 | 135 | 520 | 53 | 184 | 83 | 53 | 325 | 28 |
| VB 95 | 784 | 3019 | 304 | 1068 | 484 | 310 | 1889 | 165 |

Tabelle 77: theoretische Probenzahl der Fraktion 20-60 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 33 | 161 | 16 | 21 | 8 | 6 | 28 | 14 |
| VB 90 | 223 | 1094 | 111 | 145 | 56 | 39 | 192 | 98 |
| VB 95 | 1305 | 6423 | 651 | 850 | 325 | 227 | 1130 | 573 |

**Feinaufbereitung**

Tabelle 78: theoretische Probenzahl der Frakt.20-60 mm n. Rotte

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 47 | 49 | 25 | 27 | 8 | 7 | 28 | 13 |
| VB 90 | 318 | 336 | 166 | 184 | 52 | 50 | 192 | 89 |
| VB 95 | 1805 | 1992 | 945 | 1080 | 294 | 284 | 1130 | 522 |

Tabelle 79: theoretische Probenzahl der Fraktion Siebrest

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 97 | 91 | 23 | 22 | 19 | 7 | 69 | 15 |
| VB 90 | 655 | 619 | 157 | 150 | 128 | 50 | 473 | 103 |
| VB 95 | 3721 | 3520 | 922 | 852 | 725 | 281 | 2783 | 604 |

Tabelle 80: theoretische Probenzahl der Fraktion Komp.n.Sieb.

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 15 | 23 | 1 | 2 | 16 | 8 | 12 | 1 |
| VB 90 | 101 | 156 | 10 | 10 | 106 | 53 | 83 | 10 |
| VB 95 | 596 | 922 | 59 | 61 | 628 | 313 | 490 | 57 |

Tabelle 81: theoretische Probenzahl der Fraktion Hartstoffe

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 9 | 37 | 1 | 12 | 11 | 5 | 4 | 4 |
| VB 90 | 60 | 253 | 9 | 84 | 72 | 38 | 26 | 28 |
| VB 95 | 355 | 1494 | 53 | 497 | 427 | 222 | 153 | 167 |

Tabelle 82: theoretische Probenzahl der Frakt. Komp. 0-8 mm

| | Pb | Cu | Cd | Zn | Cr | Ni | Hg | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VB 80 | 8 | 1 | 1 | 1 | 5 | 3 | 4 | 1 |
| VB 90 | 56 | 5 | 3 | 8 | 56 | 20 | 26 | 5 |
| VB 95 | 329 | 28 | 16 | 57 | 330 | 118 | 153 | 32 |

Die berechneten Probenzahlen für die verschiedenen Vertrauensgrenzen (prozentuale Abweichungen vom Mittelwert) bei unterschiedlicher statistischer Sicherheit beruhen auf die Standardabweichungen der real untersuchten Probenzahl. Da die Streuungen der Meßwerte oftmals sehr hoch sind, dürfen die ermittelten erforderlichen Probenzahlen nur als Anhaltspunkt über den notwendigen Untersuchungsumfang bei den betrachteten Vertrauensgrenzen und -wahrscheinlichkeiten gewertet werden.

Die größten Probenzahlen errechnen sich für die Metalle Kupfer und Blei. Sie sind für die größten Korngrößen am höchsten. Hohe theoretische Probenzahlen korrelieren mit der Heterogenität der untersuchten Fraktionen. Da durch den Aufbereitungsprozeß eine Homogenisierung des erzeugten Komposts eintritt, sind die theoretisch erforderlichen Probezahlen für diese Fraktion am geringsten. Für die PLM-Leicht-Fraktion trifft dies für einige Metalle auch zu. Bei Cadmium wurde bei Kompost 0-8 mm mit der durchgeführten Probenzahl eine statistische Sicherheit von 95 % bei 5 % Abweichung vom Mittelwert erreicht. Für die meisten Metalle liegt die erforderliche Probenzahl bei dieser statistischen Absicherung so hoch, daß der zu bewältigende Untersuchungsumfang gesprengt würde.

### 3.2.2. Wassergehalt

Tabelle 83: Wassergehalt in Prozent

Verfahrenshalle

| | <100mm | <60mm | 100-60mm | PLM leicht | PLM schwer | <20mm | 20-60mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 40.6 | 40.4 | 34.9 | 34.2 | 30.9 | 40.7 | 42.8 |
| Stdabw. | 2.9 | 3.1 | 5.7 | 4.0 | 7.0 | 3.9 | 1.6 |
| n | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 26 | 19 |

Feinaufbereitung

| | Komp. n.Rotte | Sieb-rest | Komp. n.Sieb. | Hart-stoffe | Komp. 0-8mm | Komp. leicht |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 24.2 | 13.5 | 34.4 | 9.4 | 33.1 | 40.4 |
| Stdabw. | 4.3 | 6.5 | 4.2 | 4.0 | 4.4 | 6.7 |
| n | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | 5 |

Der Wassergehalt des Kompostmaterials wird während der Rotte beim Umsetzvorgang auf 45-50 % eingestellt und auf der letzten Rotteplatte durch Absaugung aus verfahrenstechnischen Gründen auf ca. 24 % reduziert. Durch den relativ geringen Feuchtigkeitsgehalt der Hartstoffe und des Siebrests erhöht sich der Wassergehalt des Komposts auf ca. 35 %.

### 3.2.3. Glühverlust

Die Bestimmung des Glühverlusts gibt Auskunft über den Gehalt an organischer Substanz. Kunststoffe werden miterfaßt.

Tabelle 84: Glühverlust in Prozent

Verfahrenshalle

| | <100mm | <60mm | 100-60mm | PLM leicht | PLM schwer | <20mm | 20-60mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 45.9 | 36.8 | 81.5 | 82.1 | 63.0 | 37.1 | 44.0 |
| Stdabw. | 8.7 | 5.2 | 4.9 | 5.5 | 12.7 | 4.3 | 6.2 |
| n | 19 | 19 | 18 | 18 | 17 | 26 | 19 |

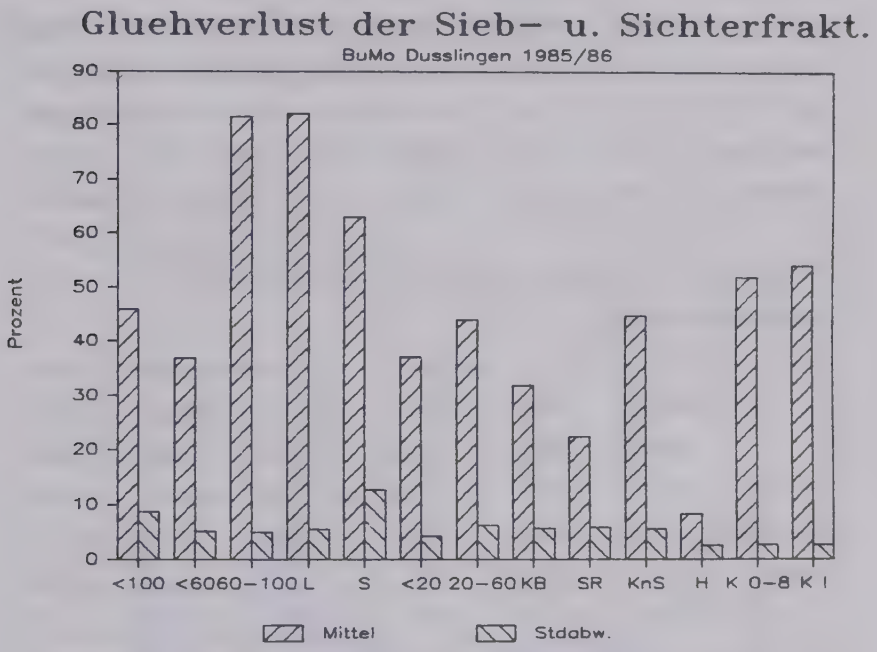
Feinaufbereitung

| | Komp. n.Rotte | Sieb-rest | Komp. n.Sieb. | Hart-stoffe | Komp. 0-8mm | Komp. leicht |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 31.9 | 22.4 | 44.7 | 8.3 | 51.8 | 53.9 |
| Stdabw. | 5.6 | 5.9 | 5.5 | 2.5 | 2.6 | 2.6 |
| n | 15 | 11 | 10 | 10 | 10 | 5 |

Durch die Absiebung 60-100 mm aus der Fraktion < 100 mm wird der Gehalt an organischer Substanz in der resultierenden Absiebung < 60 mm abgemagert. Unter Berücksichtigung der Standardabweichung

sind die Gehalte der Fraktionen < 20 mm und 20-60 mm vergleichbar. Durch den Abbau von organischer Substanz während der Rotte nimmt der Gehalt im Mittel auf ca. 32 % bei der Kompostrohmasse ab. Durch Abtrennung von Siebrest und Hartstoffen wird im Kompost der organische Anteil auf ca. 52 % angereichert.

Abb. 40



### 3.2.4. Chlorgehalt

Für die Probenahmetermine am 27.5. und 7.4.86 wurden die Chlorgehalte der Müll- und Kompostfraktionen bestimmt.

Tabelle 85: Chlorgehalte in Prozent

Verfahrenshalle

| | <100mm | <60mm | 100-60mm | PLM leicht | PLM schwer | <20mm | 20-60mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 0.73 | 0.36 | 0.58 | 1.14 | 0.90 | 0.19 | 0.41 |
| Stdabw. | 0.36 | 0.09 | 0.16 | 0.45 | 0.45 | 0.04 | 0.07 |
| n | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |

Feinaufbereitung

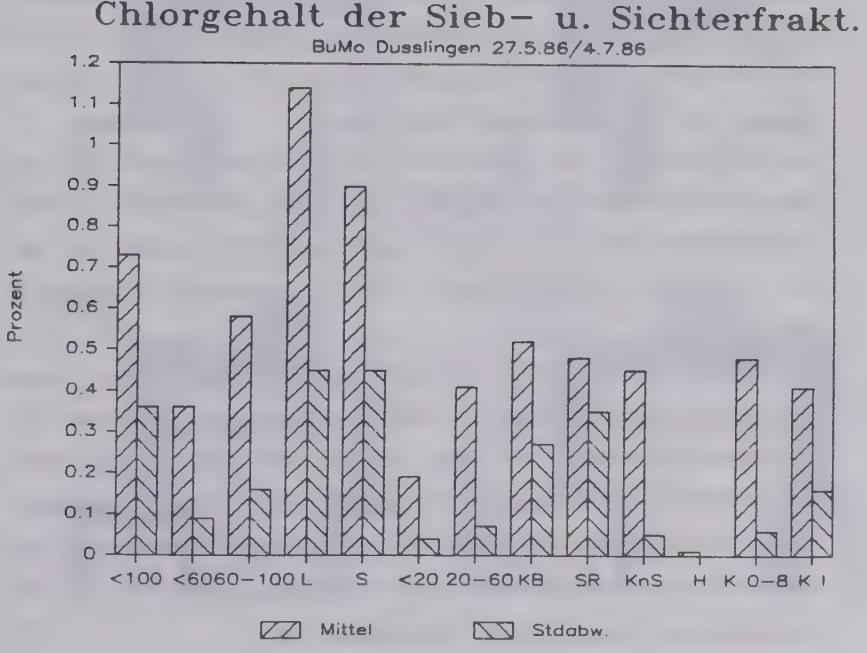
| | Komp. n.Rotte | Sieb-rest | Komp. n.Sieb. | Hart-stoffe | Komp. 0-8mm | Komp. leicht |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ges.mittel | 0.52 | 0.48 | 0.45 | < 0.01 | 0.48 | 0.41 |
| Stdabw. | 0.27 | 0.35 | 0.05 | — | 0.06 | 0.16 |
| n | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Der Chlorgehalt ist in den PLM Sichterfraktionen am höchsten. Da diese Fraktionen dem Siebschnitt 100-60 mm entstammen und durch die Absiebung dieser Fraktion eine Abnahme des Chlorgehalts um 50 % in der < 60 mm Fraktion gegenüber < 100 mm zu verzeichnen

ist, muß die Chlorkonzentration der groben Siebfraktion höher sein als die durch Messung ermittelte. Da diese Fraktion besonders kunststoffreich ist, wird Chlor vermutlich durch PVC eingeschleppt.

Bei den untersuchten Fraktionen der Feinaufbereitung ist vor allem der geringe Chlorgehalt der Hartstoffe auffällig. Da die Hartstoffe im wesentlichen aus Glas und Steinen bestehen ist dies auch nicht weiter verwunderlich. Durch die Absiebung des Siebrests wird keine Chlorabminderung erreicht, durch Entnahme der Hartstoffe erhöht sich dessen Gehalt im Kompost 0-8 mm geringfügig.

Abb. 41



### 3.2.5. Materialflüsse, Frachtendarstellungen im Bereich Verfahrenshalle und Feinaufbereitung

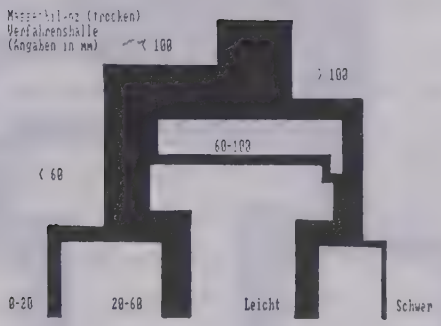
Die folgenden Abbildungen zeigen den Frachtverlauf für die untersuchten trennwirksamen Aggregate der Verfahrenshalle. Die Breite des Balkens stellt für jede Fraktion den entsprechenden prozentualen Anteil der Massen dar. Zuerst ist die Materialfracht der Müllfraktionen dargestellt, mit der die folgenden Schwermetall-, Chlorfrachten und die Frachten der organischen Substanz verglichen werden müssen. Sämtliche Frachten sind auf Trockensubstanz bezogen.

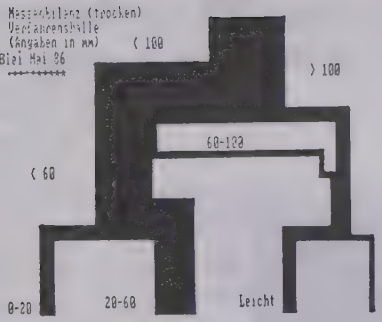
Durch Absiebung der Fraktion < 20 mm wird nur bei Zink eine Entfrachtung der Kompostrohmasse erzielt, für die anderen Metalle dagegen ist keine signifikante Anreicherung in der Feinfraktion zu verzeichnen. Durch die Absiebung der Fraktion 60-100 mm wird die Bleifracht in der Kompostrohmasse erhöht, die der anderen Metalle aber nur wenig beeinflußt.

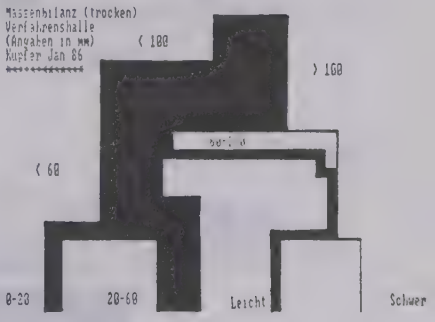
Aus der Abtrennung des Siebschnitts 60-100 mm resultiert für die Fraktion 20-60 mm eine Abmagerung der organischen Substanz. Die Feinfraktion könnte wegen ihres hohen organischen Anteils und dem nur geringfügig höheren Gehalt einiger Schwermetalle mitkompostiert werden.

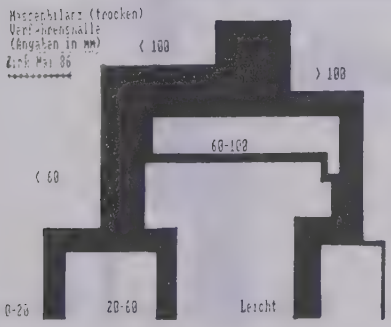
Die Leichtfraktion ist am stärksten mit Chlor befrachtet; eine geringfügige Entfrachtung der Kompostrohmasse ist durch die 60-100 mm Absiebung zu verzeichnen, was auf die Einschleppungsquelle PVC hindeutet, da die grobe Siebfraktion besonders kunststoffreich ist. Besonders für BRAM, der aus der Leichtfraktion des PLM Sichters durch Verpressen hergestellt wird, stellt Chlor den limitierenden Faktor bei der Verbrennung dar.

Abb. 42 : Massenbilanzen



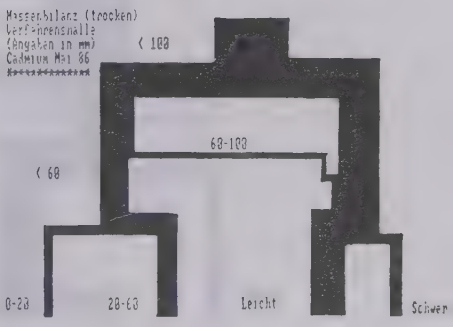



Abb. 43

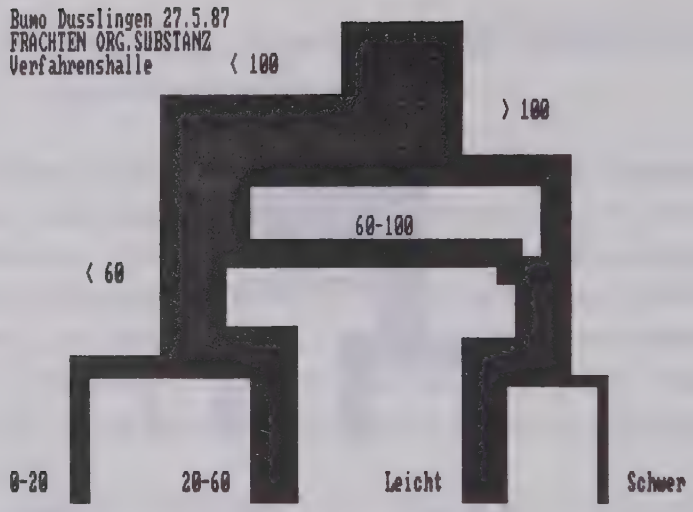
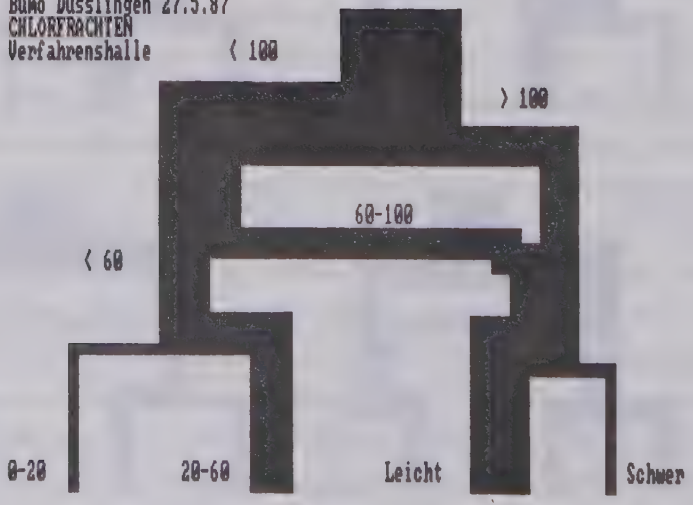

Bumo Dusslingen 27.5.87
FRACHTEN ORG.SUBSTANZ
Verfahrenshalle
< 100
> 100
60-100
< 60
0-20
20-60
Leicht
Schwer

Abb. 44


Bumo Dusslingen 27.5.87
CHLORFRACHTEN
Verfahrenshalle
< 100
> 100
60-100
< 60
0-20
20-60
Leicht
Schwer

Die prozentualen Massenanteile bei der Feinaufbereitung sind für jede Fraktion für die Massenströme, Blei-, Kupfer-, Zink-, Cadmium-, Chlorfrachten und die Frachten der organischen Substanz als Balken in den folgenden Massenflußdiagrammen dargestellt.
Beim Betrachten der Massenbilanz (Materialfluss) der Feinaufbereitung wird der hohe Massenanteil des Siebrests deutlich.
Durch Entfernen des Siebrests > 8 mm ist die Entfrachtung von Kupfer und Cadmium (weniger stark ausgeprägt) festzustellen. Bei den anderen dargestellten Metallen bewirkt die Absiebung dagegen keine Entfrachtung. Auch bei Chlor ist kein Trenneffekt zu verzeichnen. Durch die Eliminierung der Hartstoffe erfolgt für Blei und Kupfer zwar eine Abschöpfung, sie ist jedoch zu gering, um die Gehalte im Kompost wesentlich zu reduzieren.

Abb. 45

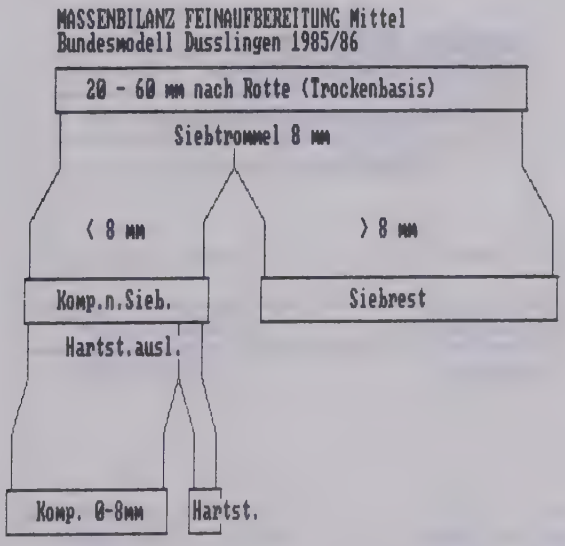


Abb. 46

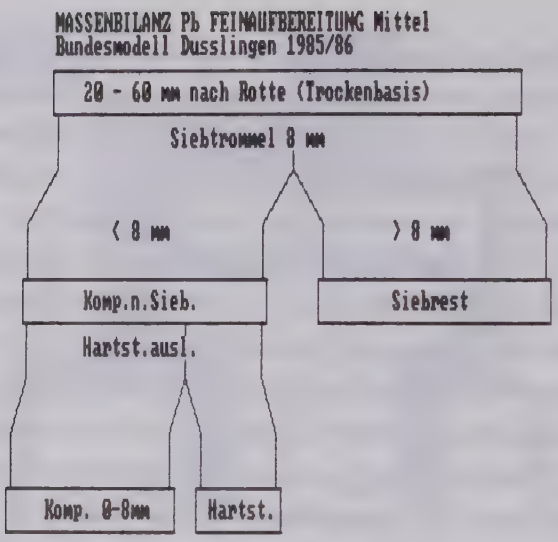

MASSENBILANZ Pb FEINAUFBEREITUNG Mittel
Bundesmodell Dusslingen 1985/86
20 - 60 mm nach Rotte (Trockenbasis)
Siebtrommel 8 mm
< 8 mm
> 8 mm
Komp.n.Sieb.
Siebrest
Hartst.ausl.
Komp. 0-8mm
Hartst.

Abb. 47

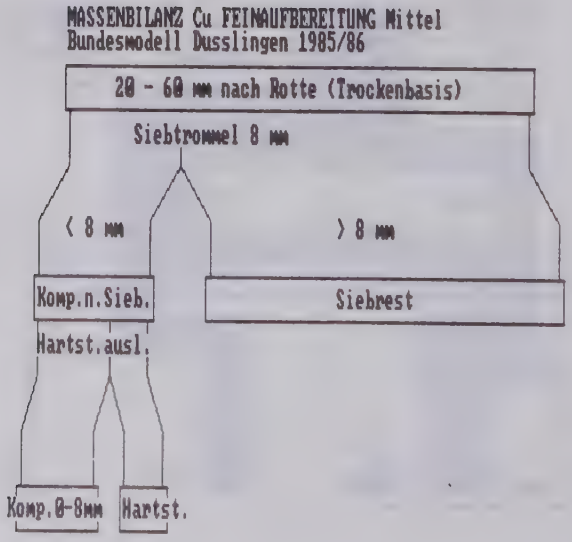

MASSENBILANZ Cu FEINAUFBEREITUNG Mittel
Bundesmodell Dusslingen 1985/86
20 - 60 mm nach Rotte (Trockenbasis)
Siebtrommel 8 mm
< 8 mm
> 8 mm
Komp.n.Sieb.
Siebrest
Hartst.ausl.
Komp.0-8mm
Hartst.

Abb. 48

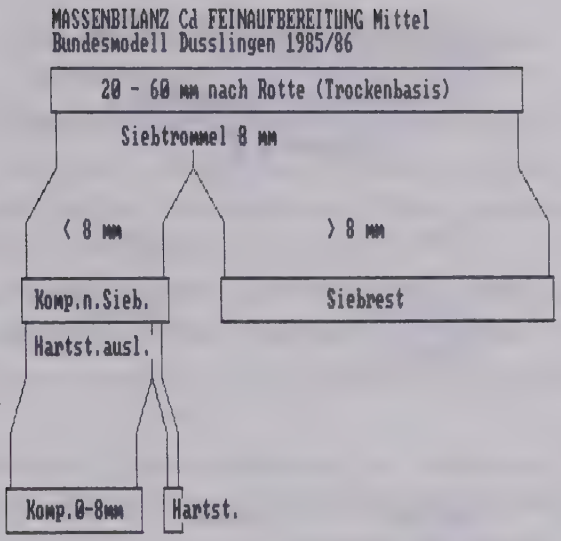

MASSENBILANZ Cd FEINAUFBEREITUNG Mittel
Bundesmodell Dusslingen 1985/86
20 - 60 mm nach Rotte (Trockenbasis)
Siebtrommel 8 mm
< 8 mm
> 8 mm
Komp.n.Sieb.
Siebrest
Hartst.ausl.
Komp.0-8mm
Hartst.

Abb. 49

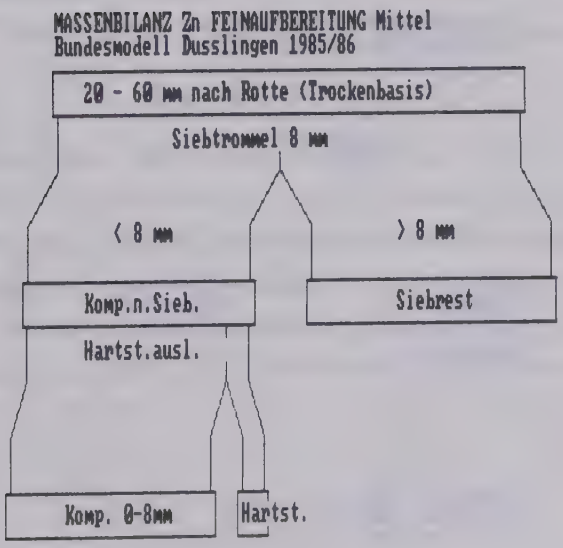

MASSENBILANZ Zn FEINAUFBEREITUNG Mittel
Bundesmodell Dusslingen 1985/86
20 - 60 mm nach Rotte (Trockenbasis)
Siebtrommel 8 mm
< 8 mm
> 8 mm
Komp.n.Sieb.
Siebrest
Hartst.ausl.
Komp. 0-8mm
Hartst.

Abb. 50

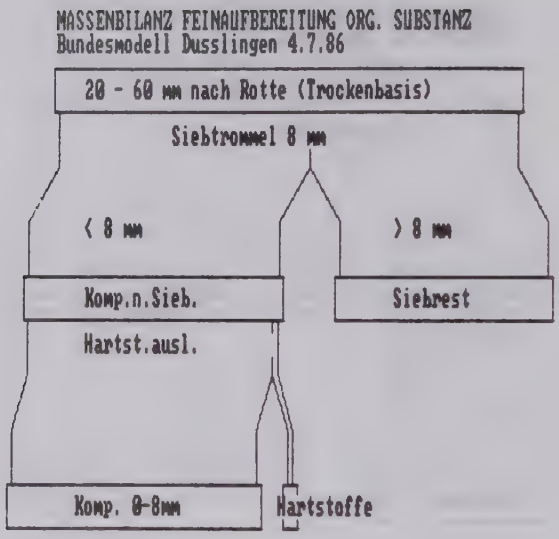
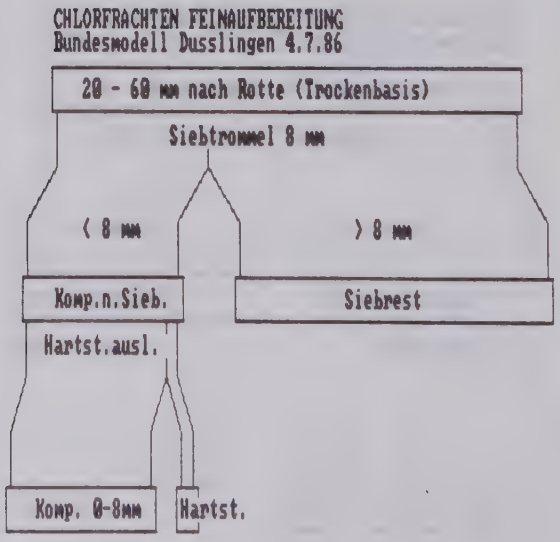

MASSENBILANZ FEINAUFBEREITUNG ORG. SUBSTANZ
Bundesmodell Dusslingen 4.7.86
20 - 60 mm nach Rotte (Trockenbasis)
Siebtrommel 8 mm
< 8 mm
> 8 mm
Komp.n.Sieb.
Siebrest
Hartst.ausl.
Komp. 0-8mm
Hartstoffe

Abb. 51


CHLORFRACHTEN FEINAUFBEREITUNG
Bundesmodell Dusslingen 4.7.86
20 - 60 mm nach Rotte (Trockenbasis)
Siebtrommel 8 mm
< 8 mm
> 8 mm
Komp.n.Sieb.
Siebrest
Hartst.ausl.
Komp. 0-8mm
Hartst.

# 4. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Die beiden untersuchten Anlagen, die bisher getrennt behandelt wurden, seien nun bezüglich ihrer Trennleistung zur Schwermetallreduzierung und der Schwermetallgehalte der produzierten Recyclingprodukte im Vergleich dargestellt.
Auf das wichtige Kriterium der erreichten Recyclingquote der untersuchten Anlagen (im Hinblick auf den sich immer mehr verknappenden Deponieraum) wird anschließend eingegangen.

Die mittleren Schwermetallgehalte des Gesamtmülls nach dem Magnetabscheider des Untersuchungszeitraums 1984/85 in der ORFA-Anlage sind in folgender Tabelle den massenanteilig gewichteten Gehalten der groben Leichtfraktionen (Ll > 2 mm und L2 1-2 mm) und den daraus berechneten Abschöpfungsraten für die bereinigten Mittelwerte gegenübergestellt. Die Probenzahlen, Standardabweichungen und nicht bereinigten Mittelwerte finden sich im Kapitel 3.1.1.4..

Vom Bundesmodell Abfallverwertung Dußlingen sind die ausreißerbereinigten Schwermetallwerte der Absiebung < 100 mm mit den Werten der kompostierten Siebfraktion 20-60 mm (Kompostrohmasse) den berechneten Abschöpfungsraten im Jahresmittel gegenübergestellt. In Kapitel 3.2.1.1. sind die zugehörigen Probenzahlen, Standardabweichungen und nicht bereinigten Mittelwerte aufgeführt.

Tabelle 86: Abschöpfungsraten der untersuchten Anlagen

| | ORFA-Anlage | | | Bundesmodell Dußlingen | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ges.müll n.Magnet # | L1/L2 # | Redukt. % | <100mm # | 20-60mm # | Redukt. % |
| Pb | 259 | 81 | 68.7 | 185 | 296 | - 60 |
| Cu | 546 | 124 | 77.3 | 294 | 190 | 35.4 |
| Cd | 5.9 | 3.6 | 39 | 2.6 | 4.9 | - 88.5 |
| Zn | 750 | 466 | 37.9 | 554 | 377 | 31.9 |
| Cr | 116 | 63 | 45.7 | 113 | 126 | - 11.5 |
| Ni | 48 | 17 | 64.6 | 68 | 86 | - 26.5 |
| Hg | 0.4 | 0.3 | 25 | 0.3 | 0.5 | - 66.7 |
| Fe | 3150 | 1761 | 44.1 | 6860 | 7658 | - 11.6 |

# Angaben in mg/kg

Während durch den ORFA-Prozeß für Kupfer, Blei und Nickel hohe Abschöpfungsraten und bei den übrigen Metallen eine etwas geringere Trennleistung erzielt wird, ist bei den Klassierungsschritten der Recyclinganlage Dußlingen nur die Eliminierung von Kupfer und Zink durch Absiebung der Feinfraktion und des Siebschnitts 60 - 100 mm nachweisbar. Für die anderen Metalle resultiert in der Kompostrohmasse eine Anreicherung. Die relativ niederen Schwermetallkonzentrationen der abgetrennten Siebfraktionen 60-100 mm und < 20 mm sind hierfür verantwortlich (Kap. 3.2.1.1.).

Tabelle 87: Grenzwerte für Kompost aus Hausmüll und Gehalte der Recyclingprodukte (mg/kg Trockensubstanz)

| | BRD (40to/ha*3a) <4> | Rems-Murr <50> | Reutlingen-Tübingen <51> | Schweiz (15to/ha*J) <52> | (1) | (2) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pb | 150 | 200 | 150 | 150 | 116 | 365 |
| Cu | 150 | 200 | 150 | 150 | 177 | 165 |
| Cd | 2.5 | 5 | 3 | 3 | 5.1 | 3.4 |
| Zn | 375 | 500 | 375 | 500 | 666 | 864 |
| Cr | 150 | 200 | 150 | 150 | 90 | 76 |
| Ni | 25 | 50 | 50 | 50 | 24 | 68 |
| Hg | 3.2 | 4 | 3 | 3 | 0.4 | 2.6 |

(1) kompostierte ORFA Faser, berechnet aus den gewichteten Schwermetallgehalten L1/L2 bei einem unterstellten Rotteverlust von 30 % ( Dezember 1984 bis Oktober 1985)

(2) Feinkompost 0-8 mm Bundesmodell Dußlingen (Mittelwerte der Probenahmen vom 15.11.85, 19.3.86, 27.5.86)

Die mit der alten Konfiguration der ORFA-Anlage erzeugten groben Fasern ergeben nach der Kompostierung (30 % Rotteverlust) rechnerisch für Kupfer eine geringe und für Zink und Cadmium eine höhere Grenzwertüberschreitung. Die anderen Metalle liegen zum Teil weit unter den Grenzwerten.

Beim Dußlinger Kompost ist die zweieinhalbfache Überschreitung des Grenzwerts (Planfeststellungsbeschluß) bei Blei und Zink auffällig. Im Winter werden für Blei noch höhere Werte erreicht, wie

aus den Werten im Tabellenanhang ersichtlich ist. Bei Cadmium, Kupfer und Nickel sind geringere Überschreitungen zu verzeichnen.

Tabasaran gibt die Feinfraktion (< 10 mm) des Hausmülls als potentiellen Schwermetallträger an und kommt zu dem Ergebnis, daß eine Frachtabschöpfung für Blei, Kupfer, Zink, Nickel, Chrom, Cadmium und Quecksilber von ca. einem Drittel über diese Fraktion zu erreichen sei. Weiterhin werden Batterien (Cadmium, Quecksilber und Zink), Leder (Chrom), Farben (Chrom, Blei, Cadmium), Kunststoff (Cadmium) und Papier (Blei) als Eintragsquelle benannt <14>.

Untersuchungen von Hagenmaier und Krauß im Rahmen des Projekts "Grüne Tonne Baienfurt" <17> haben jedoch aufgezeigt, daß bis auf Zink zwar eine Schwermetallabschöpfung durch die Feinabsiebung stattfindet, daß jedoch die gleichzeitige Materialfrachtabschöpfung (auf Trockenbasis) noch höher liegt.
Das Resultat war eine Anreicherung der Schwermetalle in der Kompostrohmasse.

Durch die Untersuchungen in der Bundesmodellanlage Dußlingen, kann an einer großtechnischen Anlage belegt werden, daß die Feinabsiebung des Hausmülls keine signifikante Schwermetallabminderung der Kompostrohmasse bringt. Beim Vergleich der ausreißerbereinigten Mittelwerte (Vgl. Kap. 3.2.1.1.) ist nur die geringe Abnahme der Konzentrationen für Chrom, Nickel, Zink der Kompostrohfraktion (20-60 mm) gegenüber der Fraktion < 60 mm nachzuweisen. Die Absiebung der Fraktion 60-100 mm aus dem Primärsiebschnitt < 100 mm bewirkt vielmehr eine Anreicherung von

Blei im Kompostrohstoff.

Untersuchungen von Schäffler <53>, der die Feinfraktionen < 20 mm bzw. < 10 mm und die Kompostrohmasse (20-60 bzw. 10-60 mm) im Zeitraum vom August 1985 bis April 1986 auf ihren Schwermetallgehalt untersuchte, belegen ebenfalls, daß durch die Feinabsiebung kein schwermetallarmes Ausgangsmaterial zur Kompostierung erzeugt werden kann.

Eigene Untersuchungen in den Hausmüllkompostierungsanlagen Heidenheim und Singen machen deutlich, daß die Feinaufbereitung nach der Rotte zur Schwermetallentfrachtung nur bei kurzer Rottedauer wirksam ist, weil durch Lösungsvorgänge während des Rotteprozesses die ursprünglich vorhandenen metallischen Kontaminationsträger in Verbindungen übergehen, die dann nicht mehr abtrennbar sind <18,40>.

Die Ergebnisse der Schwermetalluntersuchungen der Feinaufbereitungsfraktionen im Recyclingwerk Dußlingen bestätigen dies. Nur für Kupfer ist eine deutliche Entfrachtung durch die Absiebung zu verzeichnen, während die Hartstoffauslese nur für Blei und Kupfer zu einer geringen Konzentrationsminderung im Kompost führt, da die eliminierten Hartstoffe mengenmäßig nur 5 % des Inputs ausmachen.

Die mit der heutigen ORFA-Technologie erzielbaren Werte im Kompost können aus der folgenden Tabelle abgelesen werden, die auf den Ergebnissen des Probelaufs "Brig" beruht.

Tabelle 88: Schwermetallgehalte in mg/kg

| | grobe Faser | Kompost daraus |
|---|---|---|
| Blei | 27 | 39 |
| Kupfer | 59 | 84 |
| Cadmium | 0.7 | 1.0 |
| Zink | 175 | 250 |
| Chrom | 24 | 34 |
| Nickel | 5 | 7 |
| Quecksilber | 0.6 | 0.8 |

Auch die feineren Fasern, die in geringerem Umfang anfallen und die etwas höhere Schwermetallgehalte aufweisen (siehe Tabellen 49-55, S.51-53), können mitkompostiert werden, ohne daß die Schweizer Grenzwerte erreicht werden.

Die Erneuerung der Siebstufe, der Windsichtungseinheit und die Änderung der Siebschnitte in der ORFA-Anlage haben die entscheidende Verbesserung der erzeugten Faserqualität bewirkt.
Weitere Untersuchungen zur Untermauerung der bisherigen Ergebnisse mit der neuen Konfiguration der ORFA-Technologie werden zur Zeit durchgeführt.

## 4.1. BRAM

Die ORFA-Fasern können auch zu BRAM-Pellets gepreßt als Brennstoff Verwertung finden. Die Schwermetallgehalte der PLM Leichtfraktion des Bundesmodells Dußlingen, aus der BRAM hergestellt wird, sind in folgender Tabelle mit den ORFA-Fasern verglichen.

Tabelle 89: Schwermetallgehalte der Leichtfraktionen

| | ORFA grobe Fasern > 2 mm, 1-2 mm # | BuMo Dußlingen 100-60 mm * |
|---|---|---|
| Blei | 81 | 109 |
| Kupfer | 124 | 354 |
| Cadmium | 3.6 | 3.5 |
| Zink | 466 | 681 |
| Chrom | 63 | 44 |
| Nickel | 17 | 22 |
| Quecksilber | 0.3 | 0.3 |

\# Untersuchungszeitraum Dezember 85 bis Oktober 86, außreißerbereinigte Mittelwerte

* 24.10.85, 17.1.86, 27.5.86, ausreißerbereinigte Mittelwerte

Bis auf den Kupferwert unterscheiden sich die Schwermetallgehalte der Leichtfraktionen beider Anlagen nur unwesentlich. Der hohe Kupfereintrag (Siehe Tabellenanhang) erfolgt durch ummantelte Kupferkabel, die vom PLM-Separator nur unzureichend abgetrennt werden.

## 4.2. Massenverteilung der Aufbereitungsverfahren

Die nachfolgenden Kuchendiagramme der Massenflüsse des ORFA-Prozesses (Mittelwert aus fünf Bestimmungen des Beprobungszeitraums 1984/85 und die Massenverteilung des Probelaufs "Brig" im Februar 1987 <54>) geben die Massenanteile der erzeugten Fraktionen wieder. Unterstellt man die Verwertbarkeit der feinsten Leichtfraktionen (die Schwermetallgehalte sind etwas höher als die der groben Leichtfraktionen), dann müssen nur die Schwerfraktionen, Staub und ggfs. der Sortierrest deponiert werden. Der Sortierrest rührt im übrigen daher, daß nicht alle Müllbestandteile durch die (zu klein ausgelegte) erste Rotorschere der Pilotanlage erfaßt werden können. Versuche, die Primärzerkleinerung statt durch Rotorscheren mittels einer Prallmühle durchzuführen, verliefen erfolgreich <55>.

In den folgenden Kuchendiagrammen rechts ist für den Fall der Wiederverwertung sämtlicher Leichtfraktionen und des separierten Eisenschrotts der zu deponierende, der verwertbare Anteil und die Wassermenge, die beim Prozeß verdampft wird, abgebildet. Bezogen auf den Naßmüll verbleibt somit ein zu deponierender Rest von nur ca. 17 bis 20 Prozent.

Abb. 52-55


Massenanteile ORFA-Prozess 1984/85
5.8%
22.7%
8%
3.7%
3.5%
15.9%
1.5%
38.9%
Eisen
L 1
L 2
L 3
L 4
W1-W4
Staub
Wasser


Massenanteile ORFA-Prozess 1987
5.4%
36.8%
9.4%
4.3%
15.4%
0.4%
4.6%
23.6%
Eisen
L 1
L 2
L 3
W1-W3
Staub
Sort.rest
Wasser


Recyclingquote 1984/85
17.4%
43.7%
38.9%
Deponie
verwertbar
Wasser


Recyclingquote 1987
20.4%
56%
23.6%
Deponie
verwertbar
Wasser

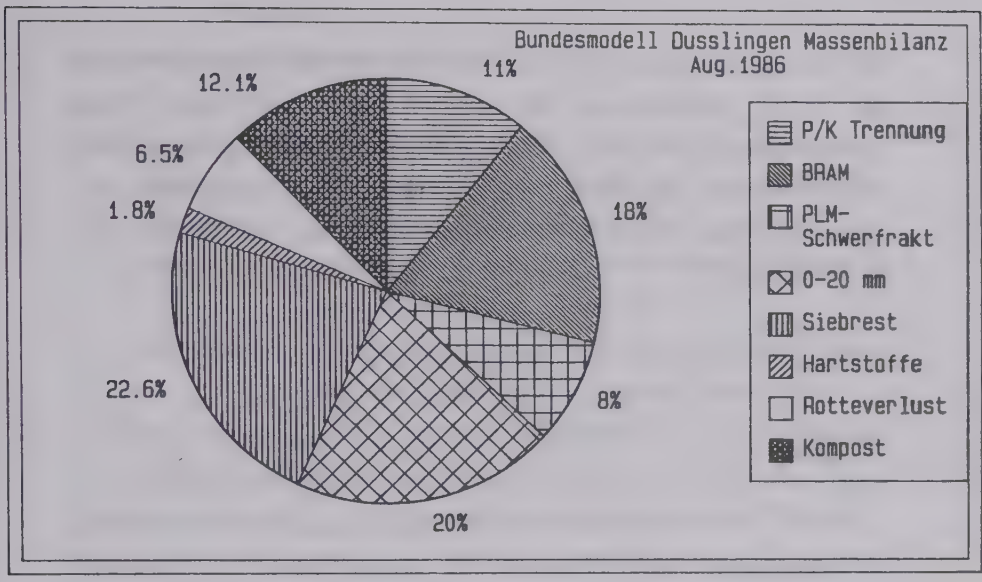
Da von der Recyclinganlage Bundesmodell Dußlingen für den Untersuchungszeitraum keine Materialbilanzen zur Verfügung stehen, beruhen die folgenden Betrachtungen auf einer Massenbilanz vom August 1986. Leider liegen keine veröffentlichten Zahlen über den separierten Eisenschrott, handsortierte Papiere und Kunststoffe vor. Desweiteren beruht die Massenverteilung des PLM-Separators auf Schätzungen und die Massenanteile der Feinaufbereitung auf einer früheren Bestimmung. Die Bilanzierung des Rotationswindsichters und der Papier/Kunststoff-Trennung steht noch aus. Der Stoffstrom, der dem Rotationswindsichter zugeführt wird, ist in den Kuchendiagrammen gesondert ausgewiesen. Da aus diesem Stoffstrom auch eine nicht zu verwertende Fraktion resultiert, dürfte die insgesamt zu deponierende Masse (Trockenbasis) noch größer sein als dargestellt. Auffällig ist, daß bei einem durchschnittlichen Anteil der organischen Masse von 31.6% und 24% Papier/Pappe im Haus- und Gewerbemüll <1> nur ca. 12% Kompost produziert werden.

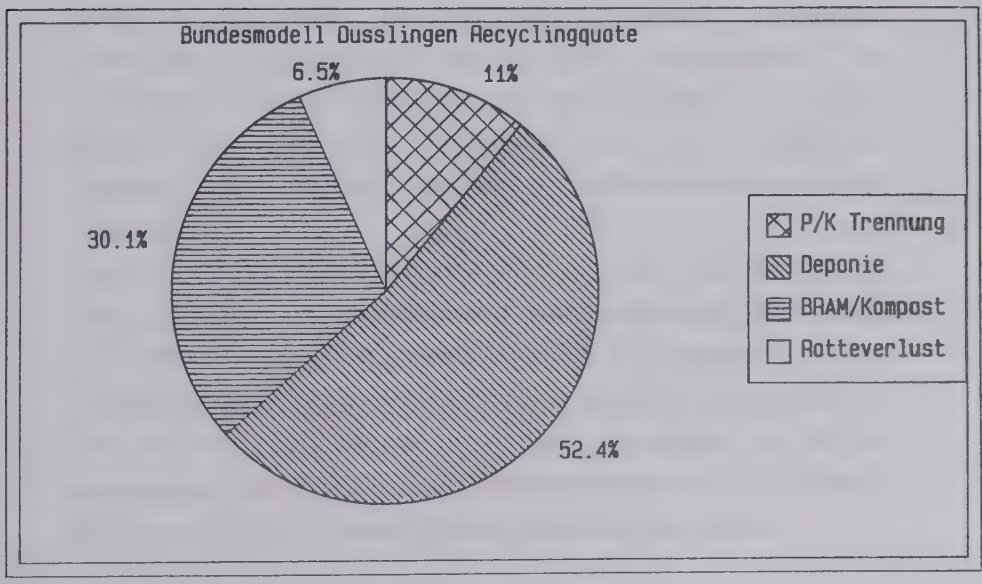
Während beim ORFA-Verfahren bezogen auf Trockensubstanz ca. 28 % Reststoffe anfallen, muß beim Sortierverfahren der Bundesmodellanlage Dußlingen noch annähernd die doppelte Menge (ca.50 %) deponiert werden.

Die ORFA-Technologie weist bei hohen Abschöpfungsraten (70-75% des Mülls auf Trockenbasis können wiederverwertet werden) bei den Schwermetallen Kupfer (80%), Blei (70%), Nickel (65%) und bei den anderen untersuchten Metallen ebenfalls beträchtliche Entfrachtungen auf.

Die Sortiertechnik und Klassierungsschritte der Dußlinger Anlage vermögen dies nicht zu leisten. Durch Absiebung der Fraktion 60-

Abb. 56-57


Bundesmodell Dusslingen Massenbilanz
Aug.1986
11%
18%
8%
20%
22.6%
1.8%
6.5%
12.1%
P/K Trennung
BRAM
PLM-
Schwerfrakt
0-20 mm
Siebrest
Hartstoffe
Rotteverlust
Kompost


Bundesmodell Dusslingen Recyclingquote
11%
52.4%
30.1%
6.5%
P/K Trennung
Deponie
BRAM/Kompost
Rotteverlust

100 mm und der Feinfraktion < 20 mm ist für die Kompostrohmasse nur eine Entfrachtung für Kupfer (35%) und Zink (32%) festzustellen. Für die anderen Metalle resultieren dagegen Anreicherungen. In Bezug auf den Kompost ist im Vergleich zur Primärabsiebung < 100 mm nur eine Abschöpfung von Kupfer und Chrom meßbar.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Durch die sinnvolle Abfolge der Aufbereitungschritte

* Mahlen - Vereinheitlichung der Korngröße
* Trocknen - Aufhebung von Adhäsionskräften
* Sieben - Korngrößenklassierung als Voraussetzung für eine erfolgreiche Windsichtung
* Windsichten - Abtrennung von Stoffen mit hohem spezifischem Gewicht (Schwermetalle, Glas, Steine usw.)

des ORFA-Prozesses können bezogen auf Naßmüll ca. 37-45 % Fasern (je nach Wassergehalt) hergestellt werden, die bezüglich ihres Schwermetallgehalts als schadstoffarm angesehen werden können.
Durch die Verbesserung der Faserqualität durch Erneuerung der Siebstufe und Windsichtung ist es möglich, aus den Fasern einen grenzwertkonformen Kompost (auch bei Klärschlammzusatz) herzustellen. Als zu deponierender Rest verbleiben ca. 17-20 %.
Durch die Auftrennung durch Siebung allein kann kein schwermetallarmer Kompostrohstoff erzeugt werden. Im Bundesmodell Abfallverwertung Dußlingen liegen die Werte für Kompost im Jahresmittel für Blei und Zink (um das 2.5 fache) und für Kupfer und Cadmium ca. 10 % über den Grenzwerten des Planfeststellungsbeschlusses.
Bezogen auf den Naßmüll ergibt sich eine Deponiequote von ca. 50 %. Bezüglich Recyclingquote und Schadstoffgehalte der erzeugten Produkte ist die eingesetzte Technik des Bundesmodells Dußlingen dem ORFA-Prozeß unterlegen. Eine Optimierung des derzeitigen Dußlinger Verfahrens ist denkbar. So könnte z.B. zur Abtrennung der Schwermetalle aus der Kompostrohmasse vor der Kompostierung eine ballistische Sichtung durchgeführt werden.

# 6. EXPERIMENTELLER TEIL

## 6.1. Probenahme

### 6.1.1. ORFA Pilotanlage Leibstadt

Es wurden folgende Probenahmen durchgeführt :

| | Herkunft des Mülls |
|---|---|
| 7. Dezember 1984 | Gemeinden, Schweiz |
| 14. Dezember 1984 | Gemeinden, Schweiz |
| 19. Dezember 1984 | Nussbaumen, Schweiz |
| 9. Januar 1985 | Nussbaumen, Schweiz |
| 13. Februar 1985 | Nussbaumen, Schweiz |
| 7. März 1985 | Gemeinden, Schweiz |
| 7. Mai 1985 | Nussbaumen, Schweiz |
| 9. Juli 1985 | Erding, BRD |
| Juli 1985 | München, BRD |
| 2. Oktober 1985 | Eschwege, BRD |
| 24.u.26.Feb. 1987 | Brig, Schweiz |

Es wurden drei unterschiedliche Mülleinzugsgebiete der Schweiz und der BRD erfaßt. Das Sammelgebiet Gemeinden umfaßt einige ländlich strukturierte Orte mit ausgeprägtem landwirtschaftlichen Anteil mit Neubausiedlungen und etwas Kleingewerbe. Es handelt sich um die Gemeinden Kaiserstuhl, Rümikon, Sigrisdorf, Mellsdorf, Wislikofen, Baldingen und Reckingen. Sperrmüll wird in diesen Gemeinden nicht separat abgeführt. An vier Terminen wurde Müll aus der Kleinstadt Nussbaumen beprobt.

Der Probelauf Brig mit Müll aus der Region Oberwallis fand mit der neuen Konfiguration (Siehe Kapitel 2.1.1.) der ORFA Anlage

statt.

Der Erdinger Müll war extrem stark vermischt und hatte einen hohen Wassergehalt (errechnet aus den Materialbilanzen) von 44 % nach der Magnetabscheidung. Haus- und Gewerbemüll aus dem Einzugsgebiet Eschwege wurde am 1.10.1985 auf der Deponie Eschwege zu einer Gesamtprobe zusammengestellt und nach Leibstadt transportiert.

Die Entnahme der Proben erfolgte in 30 minütigem Abstand an allen Entnahmestellen gleichzeitig. Die Verweildauer im Silo vor der Trocknung beträgt ca. 20 Minuten. Betrachtet man die Schwermetallwerte im Fluß durch die Anlage, so müssen die Werte für die Fraktionen "Hammer" und "Messer" zeitlich versetzt mit denen der anderen Proben verglichen werden.

Die Probemenge beträgt für die Fraktionen "Hammer", "Messer" und "trocken" mindestens 5 kg; für die Siebfraktionen und schweren Windsichtungsfraktionen je 2 kg und die Leichtfraktionen ca.3 kg. Im Einzelfall reichte die anfallende Menge im 30 Minuten-Intervall der Fraktion "W4" nicht ganz aus um auf die Probemenge von 2 kg zu kommen. Die Proben wurden in Polyethylensäcke verpackt.

### 6.1.2. Bundesmodell Abfallverwertung Dußlingen

Folgende Probenahmen wurden durchgeführt:

| Verfahrenshalle | Feinaufbereitung |
|---|---|
| 24. Oktober 1985 | 15. November 1985 |
| 17. Januar 1986 | 19. März 1986 |
| 27. Mai 1986 | 4. Juli 1986 |

Für die letzten beiden Probenahmetermine entsprechen sich Müll und produzierter Kompost. Die zeitliche Differenz der Probenahmen stellt die Rottedauer dar. Die Kompostfraktionen der Feinaufbereitung des Mülls vom 24.10.85 konnte nicht untersucht werden, da die Kompostierung wegen Geruchsemissionen bis zur Einhausung der Rottehalle eingestellt werden mußte.

Der Müll des feinaufbereiteten Rohkomposts vom 15.11.85 stammte vom 26.8.85. An den Übergabestellen der Fördereinrichtungen bzw. am Austrag der Aggregate wurden an den bezeichneten Probenahmestellen (Kap. 2.2.1.) der Korngröße entsprechende Mengen Probenmaterial im Abstand von 30 Minuten in der Reihenfolge des Materialflusses entnommen. Die Verweildauer in den Aggregaten insbesondere der Homogenisierungstrommel wurde nicht ausgeglichen. Die Probenmengen der feinsten Fraktionen betrugen mindestens 2 kg, die der gröberen 5 - 8 kg.

## 6.2. Probenaufbereitung

Die Dußlinger Proben wurden bis zur Gewichtskonstanz im Trockenschrank bei 105 Grad C getrocknet. Gröbere Vegetabilien mit hohem Wassergehalt (Kartoffeln, Äpfel, Kohlstrünke usw.) wurden zur schnelleren Trocknung vorher zerkleinert.

Durch Bestimmung des Naß- und Trockengewichts wurde der Wassergehalt jeder Probe ermittelt.

Die Wassergehaltsbestimmung der ORFA Proben beschränkte sich auf die "Messer" und "Hammer" Fraktion. Da die restlichen Fraktionen (nach der Trocknung im Trommeltrockner) einen Restwassergehalt von nur ca. 2-4 Prozent aufweisen, wurde auf eine weitere Trocknung zur Schwermetallbestimmung verzichtet.

Die groben Dußlinger Fraktionen (< 100 mm, 60-100 mm, PLM Leicht und Schwer, 20-60 mm, < 60 mm, Rohkompost und Siebrest) wurden mit einem Shredder vorzerkleinert. Zur weiteren Mahlung der Proben erfolgte die Entnahme von je einem Aliquot von 500 Gramm nach intensiver Mischung. Nach Kühlung mit flüssigem Stickstoff (Siedepunkt - 196 Grad C ) wurden die Proben in einer Schlagkreuzmühle (Retsch SR 3, Ringsieblochung 10 mm) gemahlen. Diesem Mahlschritt folgte ein weiterer, ebenfalls unter Kühlung mit einem 0.5 mm Ringsiebeinsatz.

Bei den ORFA Proben war keine Vorzerkleinerung erforderlich und wegen der größeren Homogenität der Proben reichte ein Aliquot von 300 Gramm je Probe aus.

Die Kühlung ist notwendig, da sonst zu starke Erwärmung auftritt. Verdampfungsverluste von Quecksilber und die Zersetzung von organischer Substanz wären die mögliche Folge. Desweiteren lassen sich Kunststoffe, die in fast allen Fraktionen vorhanden sind, nur versprödet bei extrem niederen Temperaturen mahlen.

Das Material hat nach dem letzten Mahlschritt zu mehr als 95% eine Körnung von < 0.1 mm. Nach gründlicher Durchmischung wird es als Analysenprobe eingesetzt.

### 6.3. Aufschluß

Der Aufschluß der Proben erfolgte mit konzentrierter Salpetersäure p. a.. Salpetersäure als Aufschlußagenz hat den Vorteil, daß Quecksilberverluste leichter zu vermeiden sind und daß Störungen bei der atomspektrometrischen Bestimmung entfallen.

Es wurden je 10.00 Gramm Probe eingewogen und mit je 40 ml Salpetersäure 4 Stunden am Rückfluß gekocht. Nach Abkühlen wurde

filtriert und mit destilliertem Wasser auf 50 ml aufgefüllt.

### 6.4. Bestimmung der Schwermetalle

Die Metalle Blei, Kupfer, Nickel, Chrom und Eisen wurden flammenphotometrisch mit Atomabsorptionsspektrometern (Pye Unicam SP 2100, Beckmann 1248, Perkin-Elmer 2380 und 1100) bestimmt, für Cadmium wurde die Graphitofentechnik eingesetzt und Quecksilber wurde nach der Kaltdampfmethode mit Natriumborhydrid als Reduktionsmittel bestimmt. Die verwendeteten Wellenlängen und Lampenstromeinstellungen und die Flammenparameter für jedes Element sind aus <45> und <46>, sowie den Unterlagen der Gerätehersteller zu entnehmen.

### 6.5. Glühverlust

Die Proben wurden in getrocknete Tiegel eingewogen und über Nacht im Muffelofen bei 105 Grad C getrocknet um Restwasser zu entfernen. Durch Rückwaage nach Abkühlen im Exsikkator wurde das Trockengewicht ermittelt. Darauf erfolgte langsames Erhitzen der Proben im Glühofen auf 780 Grad C, wobei ein schwacher Luftstrom eingeleitet wurde. Nach vier stündigem Glühen bei geschlossener Ofentür (Temperaturgradient) und Abkühlen der Proben im Exsikkator wurde nach der Rückwaage der Glühverlust ermittelt.

### 6.6. Chlorgehalt

Chlor wurde nach Verbrennung der Probe (Aufschluß nach Schöniger <48>) in einer Sauerstoffatmosphäre im 300 ml Erlenmeyerkolben in

Chlorid überführt und nach Adsorption in einer basischen Vorlage mit einem Titroprozessor gegen Silbernitrat titriert.
Die Endpunktsbestimmung der Titration erfolgte potentiometrisch mit einer Silber/Silberchloridelektrode. Bei der Mikrobestimmung werden Probemengen von 4 - 8 mg eingesetzt, was sich auf die Erfassungsgrenze nachteilig auswirkt.

### 6.7. Pestizide und PCB's

Das Aufarbeitungsschema ist auf S. 63 abgebildet und das gesamte Verfahren wurde von Brunner <47> ausführlich beschrieben.
2 g Probe werden mit 100 ml Hexan/Aceton (1:1) 4 Stunden lang soxhletextrahiert. Nach vorsichtigem Einengen unter vermindertem Druck auf ca. 3 ml gibt man das Konzentrat auf eine mit desaktiviertem ( 10 Gew. % 5 prozentige Silbernitratlösung zur Entfernung des Schwefels), saurem Aluminiumoxid gefüllte Säule, eluiert mit 85 ml Hexan/Aceton (96:4) und engt erneut auf ca. 5 ml ein. Lipide werden mittels Gelpermeation auf Bio-Beeds SX3 mit Cyclohexan/Essigester (1:1) abgetrennt. Nach Einengen auf ca. 2 ml, Zugabe von 20 ml Hexan und erneutem Einengen auf 3 ml wird das Konzentrat, falls kein Essigestergeruch mehr feststellbar ist, zur Auftrennung von PCB's und Pestiziden auf Kieselgel verwendet. Die beiden Fraktionen dieses Trennschrittes werden aufkonzentriert und mit Hexan auf 5 ml aufgefüllt.

#### 6.7.1. Gaschromatographie

Als Trägergas wurde Wasserstoff eingesetzt (Säulenvordruck 1 bar).

Trennsäule : Quarz, 60 m, 0.32 Innendurchmesser, 0.25 um Schichtdicke belegt mit quervernetztem SPB-5 (Dimethylsilicon mit 5 % Methyl-Phenylsilicon)

Temperaturprogramm :

60° /3 Min//20° /Min//150° //2° /Min//260°/10 Min

### 6.8. Flüchtige organische Verbindungen

#### 6.8.1. Probenahme

Bei der Probenahme am 11. März 1987 wurden Proben vor und nach der Ozonisierungstrommel bei drei Einstellungen des Ozongenerators (Stufe 1,3 und 6) und einem Fluß von 4 Kubikmeter Luft pro Stunde gezogen. Der Ozongehalt am Eingang und Ausgang der Ozonisierungstrommel wurde mit Drägerröhrchen (10-300 ppm) bestimmt. Bei der Bestimmung der Ozonkonzentrationen wurde die Trommel gestoppt. Die Verweildauer des Mülls in der Trommel beträgt ca. 5 Minuten. Die Probenahme des Mülls am Ausgang der Trommel erfolgte deshalb 5 Minuten nach derjenigen des Mülleintrags.
Die Proben wurden zweifach in Polyethylensäcke verpackt.

#### 6.8.2. Ozonisierung dotierter Müllproben

Je zwei Proben des nicht ozonisierten Gesamtmülls ("trocken") vom 11.3.1987 wurden mit den Verbindungsklassen Alkohole, Aldehyde und ungesättigten Verbindungen dotiert und in 500 ml Rundkolben luftdicht verschlossen. Eine Charge dieser Proben wurde verwendet um die Wiederfindungsraten der dotierten Verbindungen zu bestim-

men, die andere wurde am 1.4. 1987, versehen mit einem Aktivkohleröhrchen zur Ermittlung der ausgetrieben Stoffe, zweimal mit einem Volumen von 1 Liter ozonhaltiger Luft im Abstand von 5 Minuten begast. Der Ozongehalt betrug 6000 ppm bei bei der Einstellung Stufe 1 des Generators und einem Fluß von 4 Kubikmeter Preßluft pro Stunde. Die nachgeschalteten Aktivkohleröhrchen wurden nach Beendigung der Ozonisierung sorgfältig verschlossen und in Polyethylentüten verpackt.
Die ozonisierten und nicht ozonisierten dotierten Proben wurden abgesehen von Probenmenge und -gefäß entsprechend Kap. 6.8.3. weiterbehandelt.

### 6.8.3. Adsorption und Extraktion

Die flüchtigen Verbindungen wurden mit Helium aus dem Müll ausgetrieben und an Aktivkohle adsorbiert. Um die gleiche Flußrate und Gasmenge zu gewährleisten, wurden jeweils 250 Gramm Probe des ozonisierten und nicht ozonisierten Mülls in 2 l Erlenmeyerkolben in Serie geschaltet. Das Durchbrechen von Substanzen von der ersten in die zweite Probe wurde durch das zusätzliche Anbringen von Aktivkohleröhrchen nach dem eigentlichen Adsorptionsröhrchen verhindert. Bei einem Fluß von ca. 80-90 ml/Min. Helium wurden die Proben 20 - 24 Stunden lang bei Raumtemperatur ausgeblasen. Die Adsorptionsröhrchen als auch die nachgeschalteten Durchbruchsröhrchen wurden in einer Apparatur mit 5 ml Methylenchlorid eine Stunde lang am Rückfluß extrahiert. Die Vollständigkeit der Extraktion wurde durch Nachextraktion mit Aceton kontrolliert. Die Eluate wurden mit dem inneren Standard Tetradecan dotiert, auf 5 ml aufgefüllt und zur gaschromatographischen

Analyse eingesetzt. Um auch weniger flüchtige, polare Substanzen zugänglich zu machen, wurde ein Acetonextrakt (Schütteln von 35 Gramm Probe mit 150 ml Aceton bei Raumtemperatur) untersucht.

### 6.8.4. Gaschromatographie

Die Extrakte (Einspritzmenge 1 ul) wurden mit dem Gaschromatograph Dani 6400 mit einem Flammenionisations Detektor (FID) analysiert.Die quantitative Auswertung erfolgte mit dem Integrator über die Peakfläche. Als innerer Standard diente Tetradecan. Trägergas war Wasserstoff bei einem Säulenvordruck von 1 bar.

Trennsäule: Quarz 30 m, 0.32 mm Innendurchmesser, 1 um Schichtdicke, belegt mit quervernetztem SPB-35 (Dimethylsilicon mit 35 % Methyl-Phenylsilicon)

Temperaturprogramme :

$35^{o}/0.5$ Min//$20^{o}$/Min//$45^{o}$/1 Min//$3^{o}$/Min//$160^{o}$

$40^{o}/5$ Min// $3^{o}$/Min//$160^{o}$

# 7. ANHANG

## 7.1. Ausreißertest nach Grubbs

Um Ausreißer eines Datensatzes zu ermitteln, die zu hohen Standardabweichungen des Mittelwerts führen, kann der Grubbs Ausreißertest durchgeführt werden <49>.

Für einen Datensatz wird zu jedem Analysenwert eine Prüfgröße berechnet und mit einem Grenzwert, der von der Probenzahl abhängt verglichen (siehe Tabelle unten).

$$PG = \left| \frac{x - \bar{x}}{s} \right|$$

Ist die errechnete Prüfgröße eines Meßwerts größer als der Grenzwert (Tabelle), so wird der Analysenwert als Ausreißer aus dem Datensatz zunächst eliminiert. Nach Neuberechnung des Mittelwerts und der Standardabweichung wird der Test mit den verbleibenden Daten so lange wiederholt, bis keine Ausreißerwerte mehr auftreten.

Signifikanzniveau $\alpha = 10\,\%$ (zweiseitig)
bzw. $\alpha = 5\,\%$ (einseitig)

| Anzahl der Einzelwerte | | Anzahl der Einzelwerte | | Anzahl der Einzelwerte | | Anzahl der Einzelwerte | | Anzahl der Einzelwerte | | Anzahl der Einzelwerte | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $K_1$ oder $L$ | $rM$ | $K_1$ oder $L$ | $rM$ | $K_1$ oder $L$ | $rM$ | $K_1$ oder $L$ | $rM$ | $K_1$ oder $L$ | $rM$ | $K_1$ oder $L$ | $rM$ |
| | | 21 | 2,580 | 41 | 2,876 | 61 | 3,030 | 81 | 3,133 | 101 | 3,209 |
| | | 22 | 2,603 | 42 | 2,886 | 62 | 3,037 | 82 | 3,138 | 102 | 3,212 |
| 3 | 1,153 | 23 | 2,624 | 43 | 2,896 | 63 | 3,042 | 83 | 3,142 | 103 | 3,216 |
| 4 | 1,463 | 24 | 2,644 | 44 | 2,905 | 64 | 3,048 | 84 | 3,146 | 104 | 3,219 |
| 5 | 1,671 | 25 | 2,663 | 45 | 2,914 | 65 | 3,054 | 85 | 3,150 | 105 | 3,222 |
| 6 | 1,822 | 26 | 2,681 | 46 | 2,922 | 66 | 3,060 | 86 | 3,154 | 106 | 3,226 |
| 7 | 1,938 | 27 | 2,698 | 47 | 2,931 | 67 | 3,065 | 87 | 3,158 | 107 | 3,229 |
| 8 | 2,032 | 28 | 2,714 | 48 | 2,939 | 68 | 3,071 | 88 | 3,162 | 108 | 3,232 |
| 9 | 2,110 | 29 | 2,730 | 49 | 2,947 | 69 | 3,076 | 89 | 3,166 | 109 | 3,235 |
| 10 | 2,176 | 30 | 2,745 | 50 | 2,955 | 70 | 3,081 | 90 | 3,170 | 110 | 3,238 |
| 11 | 2,234 | 31 | 2,759 | 51 | 2,963 | 71 | 3,086 | 91 | 3,174 | 111 | 3,241 |
| 12 | 2,285 | 32 | 2,773 | 52 | 2,971 | 72 | 3,091 | 92 | 3,178 | 112 | 3,243 |
| 13 | 2,330 | 33 | 2,786 | 53 | 2,978 | 73 | 3,096 | 93 | 3,181 | 113 | 3,246 |
| 14 | 2,372 | 34 | 2,799 | 54 | 2,985 | 74 | 3,101 | 94 | 3,185 | 114 | 3,250 |
| 15 | 2,409 | 35 | 2,811 | 55 | 2,992 | 75 | 3,106 | 95 | 3,189 | 115 | 3,252 |
| 16 | 2,443 | 36 | 2,823 | 56 | 2,999 | 76 | 3,111 | 96 | 3,192 | 116 | 3,255 |
| 17 | 2,475 | 37 | 2,834 | 57 | 3,005 | 77 | 3,116 | 97 | 3,195 | 117 | 3,258 |
| 18 | 2,504 | 38 | 2,845 | 58 | 3,012 | 78 | 3,120 | 98 | 3,200 | 118 | 3,261 |
| 19 | 2,531 | 39 | 2,856 | 59 | 3,018 | 79 | 3,124 | 99 | 3,203 | 119 | 3,263 |
| 20 | 2,556 | 40 | 2,866 | 60 | 3,025 | 80 | 3,129 | 100 | 3,206 | 120 | 3,266 |

## 7.2. TABELLENANHANG

ORFA Leibstadt, 7.12.84 (Muell Gemeinden)

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 161 | 393 | 607 | 103 | 268 | 448 | 476 | 181 | 406 | 391 | 673 | 86 | 106 |
| 2 | 215 | 1054 | 467 | 166 | 1099 | 431 | 289 | 239 | 3209 | 416 | 709 | 75 | 162 |
| 3 | 76 | 987 | 281 | 88 | 953 | 452 | 374 | 262 | 937 | 979 | 1192 | 70 | 133 |
| 4 | 152 | 563 | 255 | 239 | 598 | 559 | 464 | 327 | 3279 | 669 | 1545 | 83 | 127 |
| 5 | 124 | 2920 | 241 | 129 | 438 | 743 | 798 | 305 | 2408 | 656 | 1192 | 85 | 172 |
| Mittel | 146 | 1183 | 370 | 145 | 671 | 527 | 396 | 263 | 1968 | 614 | 1062 | 80 | 131 |
| Stdabw. | 46 | 903 | 144 | 54 | 311 | 117 | 74 | 51 | 1260 | 200 | 330 | 6 | 18 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1203 | 2592 | 2367 | 148 | 836 | 2447 | 112 | 2377 | 14714 | 1706 | 3338 | 96 | 234 |
| 2 | 782 | 8627 | 1059 | 67 | 2030 | 1918 | 133 | 3578 | 3972 | 2771 | 3686 | 121 | 159 |
| 3 | 798 | 3004 | 721 | 909 | 3134 | 1807 | 93 | 4971 | 4395 | 4227 | 4201 | 155 | 255 |
| 4 | 1305 | 4069 | 2536 | 1802 | 3233 | 11290 | 3038 | 13173 | 30013 | 10760 | 23362 | 120 | 186 |
| 5 | 627 | 1308 | 3319 | 1561 | 3228 | 10327 | 2975 | 7206 | 6447 | 6077 | 25545 | 140 | 625 |
| Mittel | 943 | 3720 | 2000 | 897 | 2492 | 5558 | 1270 | 6260 | 11908 | 5108 | 12026 | 126 | 290 |
| Stdabw. | 263 | 2617 | 968 | 709 | 944 | 4303 | 1418 | 3811 | 9848 | 3184 | 10174 | 20 | 171 |

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.3 | 6.3 | 6.2 | 11.2 | 9.6 | 6.8 | 5.9 | 43.9 | 65.7 | 6.5 | 4.3 | 6.2 | 7.4 |
| 2 | 8.0 | 5.3 | 8.0 | 6.5 | 7.2 | 5.8 | 4.9 | 32.8 | 10.6 | 6.5 | 3.2 | 5.5 | 6.3 |
| 3 | 16.2 | 13.6 | 5.3 | 8.6 | 9.2 | 4.2 | 8.9 | 22.9 | 6.7 | 6.3 | 10.9 | 4.6 | 6.0 |
| 4 | 6.7 | 7.4 | 8.5 | 11.3 | 4.6 | 6.1 | 7.3 | 52.2 | 11.1 | 7.2 | 9.8 | 2.9 | 4.7 |
| 5 | 9.5 | 4.4 | 10.7 | 7.8 | 10.8 | 8.7 | 6.9 | 36.6 | 19.5 | 6.6 | 9.6 | 3.9 | 5.0 |
| Mittel | 8.9 | 7.4 | 7.7 | 9.1 | 8.3 | 6.3 | 6.8 | 37.7 | 20.9 | 6.6 | 7.4 | 4.6 | 5.9 |
| Stdabw. | 4.0 | 3.3 | 1.9 | 1.9 | 2.2 | 1.5 | 1.3 | 9.9 | 22.4 | 0.3 | 3.1 | 1.2 | 1.0 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 360 | 1141 | 1189 | 515 | 807 | 1450 | 1343 | 2396 | 945 | 917 | 1621 | 369 | 418 |
| 2 | 981 | 5555 | 1301 | 952 | 1417 | 1045 | 1134 | 2379 | 1432 | 1119 | 1467 | 330 | 450 |
| 3 | 368 | 1197 | 827 | 575 | 2172 | 1093 | 1084 | 6485 | 1770 | 1795 | 2448 | 415 | 444 |
| 4 | 629 | 3002 | 1185 | 1174 | 1599 | 2939 | 2021 | 6288 | 793 | 2647 | 7361 | 407 | 521 |
| 5 | 921 | 2414 | 1247 | 975 | 1276 | 3500 | 1632 | 2515 | 1393 | 2770 | 8255 | 390 | 432 |
| Mittel | 652 | 2662 | 1150 | 838 | 1454 | 2005 | 1443 | 4013 | 1267 | 1850 | 4230 | 382 | 453 |
| Stdabw. | 263 | 1613 | 167 | 252 | 445 | 1017 | 348 | 1940 | 753 | 760 | 2954 | 30 | 36 |

C H R O M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 146 | 47 | 146 | 12 | 74 | 94 | 16 | 196 | 103 | 127 | 7 | 70 | 52 |
| 2 | 383 | 36 | 276 | 41 | 85 | 61 | 17 | 203 | 185 | 328 | 5 | 76 | 58 |
| 3 | 66 | 81 | 142 | 13 | 152 | 48 | 14 | 265 | 190 | 162 | 8 | 72 | 75 |
| 4 | 267 | 43 | 193 | 56 | 83 | 54 | 19 | 254 | 155 | 326 | 10 | 67 | 58 |
| 5 | 79 | 81 | 120 | 24 | 64 | 61 | 13 | 239 | 132 | 108 | 8 | 62 | 66 |
| Mittel | 188 | 58 | 175 | 29 | 92 | 64 | 16 | 231 | 153 | 210 | 8 | 69 | 62 |
| Stdabw. | 121 | 19 | 56 | 17 | 31 | 16 | 2 | 27 | 33 | 97 | 2 | 5 | 8 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 26 | 64 | 81 | 12 | 32 | 153 | 18 | 55 | 326 | 151 | 15 | 11 | 14 |
| 2 | 36 | 154 | 69 | 41 | 43 | 113 | 14 | 68 | 224 | 130 | 12 | 11 | 13 |
| 3 | 27 | 178 | 66 | 13 | 140 | 85 | 20 | 177 | 210 | 151 | 34 | 13 | 15 |
| 4 | 33 | 162 | 47 | 56 | 46 | 70 | 23 | 85 | 272 | 111 | 28 | 14 | 17 |
| 5 | 38 | 129 | 45 | 24 | 45 | 141 | 24 | 72 | 184 | 179 | 24 | 14 | 15 |
| Mittel | 32 | 137 | 62 | 29 | 61 | 112 | 20 | 91 | 243 | 144 | 23 | 13 | 15 |
| Stdabw. | 5 | 40 | 14 | 17 | 40 | 32 | 4 | 44 | 50 | 23 | 8 | 1 | 1 |

Q U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.1 | 0.8 | 0.4 | 0.6 | 1.1 | 0.4 | 3.1 | 0.8 | 0.4 | 0.7 | 20.3 | 0.5 | 0.6 |
| 2 | 0.2 | 0.7 | 0.7 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 2.5 | 0.4 | 0.8 | 0.4 | 9.5 | 0.4 | 0.7 |
| 3 | 1.0 | 0.5 | 0.4 | 0.9 | 1.8 | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 0.4 | 0.3 | 12.9 | 0.5 | 0.6 |
| 4 | 0.3 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 0.2 | 0.8 | 2.1 | 0.2 | 0.9 | 10.7 | 0.3 | 0.5 |
| 5 | 0.7 | 30.8 | 0.3 | 0.9 | 0.9 | 0.3 | 0.7 | 1.3 | 0.3 | 0.8 | 5.0 | 0.4 | 0.5 |
| Mittel | 0.5 | 6.7 | 0.5 | 0.8 | 1.1 | 0.4 | 1.5 | 1.1 | 0.4 | 0.6 | 11.7 | 0.4 | 0.6 |
| Stdabw. | 0.3 | 12.0 | 0.2 | 0.1 | 0.4 | 0.2 | 1.1 | 0.6 | 0.2 | 0.2 | 5.0 | 0.1 | 0.1 |

E I S E N (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1948 | 3313 | 3412 | 1319 | 2370 | 5493 | 4866 | 3677 | 14961 | 3810 | 6079 | 1659 | 2118 |
| 2 | 3236 | 9702 | 3159 | 2786 | 3467 | 3998 | 4719 | 5786 | 5880 | 4739 | 5464 | 1626 | 2248 |
| 3 | 1855 | 6796 | 3239 | 2464 | 6387 | 3986 | 5444 | 9633 | 7039 | 4653 | 6878 | 1700 | 2533 |
| 4 | 2516 | 6265 | 2977 | 3416 | 3545 | 5027 | 7113 | 9710 | 8045 | 4493 | 9991 | 1952 | 2944 |
| 5 | 3159 | 4119 | 3347 | 2382 | 3714 | 4436 | 5620 | 3086 | 5996 | 3774 | 8417 | 2190 | 2238 |
| Mittel | 2543 | 6039 | 3227 | 2473 | 3897 | 4588 | 5552 | 6378 | 8384 | 4294 | 7366 | 1825 | 2416 |
| Stdabw. | 581 | 2243 | 152 | 682 | 1332 | 591 | 851 | 2835 | 3381 | 417 | 1644 | 215 | 297 |

ORFA Leibstadt, 14.12.84 (Muell Gemeinden)

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 344 | 200 | 738 | 1078 | 604 | 246 | 1207 | 876 | 1616 | 122 | 228 |
| 2 | 204 | 123 | 1053 | 1012 | 665 | 355 | 992 | 1282 | 1227 | 82 | 178 |
| 3 | 393 | 184 | 4096 | 445 | 404 | 283 | 3041 | 4578 | 1122 | 80 | 167 |
| 4 | 6031 | 2373 | 589 | 4121 | 2173 | 421 | 2382 | 6293 | 10348 | 347 | 680 |
| 5 | 1053 | 415 | 1990 | 2868 | 3522 | 583 | 1780 | 2442 | 5906 | 984 | 1241 |
| Mittel | 1605 | 659 | 1693 | 1905 | 1474 | 378 | 1880 | 3694 | 4044 | 323 | 499 |
| Stdabw. | 2232 | 863 | 1296 | 1375 | 1203 | 119 | 755 | 2053 | 3621 | 345 | 417 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 876 | 289 | 3626 | 13163 | 834 | 1849 | 3563 | 10294 | 3410 | 227 | 302 |
| 2 | 298 | 219 | 2406 | 3120 | 738 | 4169 | 4486 | 9364 | 2541 | 78 | 327 |
| 3 | 906 | 445 | 2771 | 4271 | 1196 | 2119 | 10824 | 6548 | 4075 | 92 | 167 |
| 4 | 1031 | 156 | 1128 | 5042 | 1392 | 2519 | 4643 | 10629 | 4713 | 116 | 226 |
| 5 | 788 | 156 | 2194 | 2339 | 944 | 3113 | 4213 | 3445 | 2883 | 94 | 169 |
| Mittel | 780 | 253 | 2425 | 5587 | 1021 | 2754 | 5546 | 8056 | 3524 | 121 | 238 |
| Stdabw. | 253 | 108 | 812 | 3900 | 241 | 826 | 2665 | 2716 | 788 | 54 | 66 |

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 9.6 | 6.5 | 9.1 | 5.2 | 9.4 | 31.7 | 13.0 | 8.0 | 73.5 | 2.5 | 10.0 |
| 2 | 3.9 | 4.3 | 5.0 | 3.3 | 7.6 | 30.2 | 7.1 | 5.5 | 28.2 | 1.8 | 10.2 |
| 3 | 5.8 | 5.6 | 4.4 | 3.6 | 4.3 | 26.1 | 7.9 | 4.7 | 11.3 | 2.0 | 4.2 |
| 4 | 6.8 | 5.5 | 4.9 | 5.0 | 7.3 | 27.8 | 6.2 | 4.1 | 4.8 | 2.1 | 3.9 |
| 5 | 6.6 | 6.9 | 8.1 | 5.0 | 7.7 | 28.3 | 13.4 | 5.9 | 7.6 | 2.6 | 5.7 |
| Mittel | 6.5 | 5.8 | 6.3 | 4.4 | 7.3 | 28.8 | 9.5 | 5.6 | 25.1 | 2.2 | 6.8 |
| Stdabw. | 1.8 | 0.9 | 1.9 | 0.8 | 1.7 | 1.9 | 3.1 | 1.3 | 25.5 | 0.3 | 2.8 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1277 | 542 | 1341 | 1491 | 1568 | 1669 | 2266 | 1335 | 2577 | 337 | 474 |
| 2 | 687 | 657 | 1193 | 1488 | 1300 | 5856 | 1789 | 1752 | 2915 | 256 | 449 |
| 3 | 992 | 287 | 789 | 1541 | 1134 | 2154 | 4264 | 2208 | 2520 | 273 | 458 |
| 4 | 944 | 344 | 894 | 1782 | 1317 | 2098 | 1067 | 3172 | 2534 | 263 | 413 |
| 5 | 788 | 380 | 1497 | 1597 | 907 | 1407 | 1322 | 2043 | 2809 | 285 | 358 |
| Mittel | 938 | 442 | 1143 | 1580 | 1245 | 2637 | 2142 | 2102 | 2631 | 303 | 430 |
| Stdabw. | 202 | 137 | 266 | 109 | 219 | 1633 | 1138 | 612 | 145 | 37 | 41 |

C H R O M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 75 | 197 | 166 | 243 | 110 | 67 | 238 | 187 | 8 | 27 | 64 |
| 2 | 120 | 171 | 175 | 150 | 137 | 131 | 374 | 115 | 7 | 37 | 62 |
| 3 | 175 | 182 | 225 | 137 | 119 | 174 | 313 | 156 | 8 | 52 | 75 |
| 4 | 217 | 334 | 180 | 118 | 153 | 564 | 251 | 196 | 13 | 153 | 119 |
| 5 | 164 | 258 | 163 | 91 | 156 | 199 | 236 | 125 | 15 | 126 | 188 |
| Mittel | 150 | 228 | 182 | 148 | 135 | 227 | 282 | 156 | 10 | 79 | 102 |
| Stdabw. | 49 | 61 | 22 | 52 | 18 | 174 | 54 | 32 | 3 | 51 | 48 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 41 | 17 | 124 | 243 | 47 | 44 | 112 | 200 | 52 | 12 | 48 |
| 2 | 33 | 19 | 91 | 150 | 42 | 131 | 161 | 141 | 33 | 11 | 28 |
| 3 | 43 | 14 | 99 | 137 | 35 | 98 | 119 | 141 | 28 | 15 | 18 |
| 4 | 47 | 18 | 174 | 118 | 50 | 153 | 134 | 131 | 15 | 13 | 43 |
| 5 | 96 | 30 | 125 | 91 | 50 | 99 | 85 | 112 | 30 | 18 | 27 |
| Mittel | 52 | 20 | 123 | 148 | 45 | 105 | 122 | 145 | 32 | 14 | 33 |
| Stdabw. | 22 | 5 | 29 | 52 | 6 | 37 | 25 | 29 | 12 | 2 | 11 |

Q U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.7 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 7.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 22.8 | 0.4 | 0.5 |
| 2 | 1.1 | 1.6 | 1.7 | 0.6 | 6.4 | 0.8 | 0.4 | 0.4 | 43.4 | 0.3 | 0.6 |
| 3 | 4.2 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 3.2 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 16.6 | 0.4 | 1.1 |
| 4 | 2.6 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 5.2 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 11.8 | 0.6 | 1.1 |
| 5 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.3 | 3.6 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 14.5 | 0.3 | 0.4 |
| Mittel | 1.8 | 0.6 | 0.8 | 0.4 | 5.2 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 21.8 | 0.4 | 0.7 |
| Stdabw. | 1.4 | 0.5 | 0.5 | 0.1 | 1.6 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 11.4 | 0.1 | 0.3 |

E I S E N (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2264 | 1627 | 2951 | 3348 | 6803 | 2819 | 5500 | 4093 | 5239 | 1652 | 1944 |
| 2 | 2861 | 2787 | 4122 | 4163 | 6380 | 6272 | 5782 | 4060 | 5351 | 1365 | 2249 |
| 3 | 4652 | 2105 | 4932 | 4587 | 5802 | 5752 | 10313 | 7900 | 5643 | 1506 | 2508 |
| 4 | 4397 | 2570 | 4602 | 6274 | 7164 | 6774 | 5303 | 5868 | 7660 | 1928 | 2814 |
| 5 | 4295 | 2872 | 4522 | 5659 | 7456 | 7371 | 7379 | 5620 | 7103 | 2493 | 4190 |
| Mittel | 3694 | 2392 | 4226 | 4806 | 6721 | 5798 | 6855 | 5508 | 6199 | 1789 | 2741 |
| Stdabw. | 950 | 466 | 688 | 1046 | 584 | 1583 | 1878 | 1412 | 990 | 398 | 779 |

ORFA Leibstadt, 19.12.84 (Muell Nussbaumen)

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 192 | 77 | 595 | 510 | 389 | 131 | 965 | 1044 | 648 | 53 | 102 |
| 2 | 230 | 85 | 647 | 464 | 299 | 260 | 1566 | 712 | 760 | 58 | 85 |
| 3 | 495 | 120 | 580 | 658 | 469 | 136 | 1414 | 1045 | 966 | 99 | 112 |
| 4 | 337 | 129 | 430 | 820 | 558 | 384 | 2579 | 941 | 903 | 79 | 138 |
| 5 | 248 | 85 | 199 | 513 | 286 | 182 | 1478 | 692 | 725 | 79 | 97 |
| Mittel | 300 | 99 | 490 | 593 | 400 | 219 | 1600 | 887 | 800 | 74 | 107 |
| Stdabw. | 108 | 21 | 163 | 131 | 103 | 95 | 531 | 156 | 117 | 17 | 18 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 713 | 96 | 985 | 1471 | 485 | 123 | 811 | 1340 | 1010 | 62 | 246 |
| 2 | 419 | 139 | 580 | 1063 | 454 | 1080 | 13207 | 1177 | 967 | 88 | 131 |
| 3 | 3263 | 785 | 3031 | 3940 | 1534 | 3151 | 2184 | 3713 | 1662 | 87 | 135 |
| 4 | 860 | 206 | 1087 | 2037 | 1268 | 1792 | 4290 | 2764 | 1555 | 82 | 405 |
| 5 | 274 | 122 | 661 | 1101 | 505 | 351 | 1779 | 1609 | 1256 | 201 | 187 |
| Mittel | 1106 | 270 | 1265 | 1922 | 849 | 1299 | 4454 | 2121 | 1290 | 104 | 221 |
| Stdabw. | 1098 | 260 | 903 | 1068 | 459 | 1096 | 4522 | 971 | 280 | 49 | 101 |

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8.4 | 10.5 | 5.3 | 5.3 | 5.1 | 22.2 | 6.5 | 4.9 | 2.8 | 1.8 | 2.8 |
| 2 | 5.9 | 8.4 | 4.5 | 3.7 | 4.1 | 23.1 | 6.6 | 4.5 | 3.0 | 2.0 | 2.7 |
| 3 | 15.9 | 13.7 | 7.4 | 5.1 | 5.1 | 57.1 | 10.6 | 5.6 | 4.1 | 3.9 | 2.9 |
| 4 | 10.1 | 10.7 | 4.9 | 4.8 | 4.2 | 55.3 | 7.0 | 4.0 | 4.2 | 2.5 | 3.7 |
| 5 | 7.7 | 10.7 | 5.2 | 3.6 | 4.7 | 41.5 | 7.8 | 4.3 | 4.5 | 4.3 | 2.6 |
| Mittel | 9.6 | 10.8 | 5.5 | 4.5 | 4.6 | 39.8 | 7.7 | 4.7 | 3.7 | 2.9 | 2.9 |
| Stdabw. | 3.4 | 1.7 | 1.0 | 0.7 | 0.4 | 15.0 | 1.5 | 0.6 | 0.7 | 1.0 | 0.4 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 469 | 265 | 1960 | 916 | 561 | 469 | 753 | 953 | 761 | 161 | 279 |
| 2 | 497 | 542 | 996 | 821 | 536 | 1156 | 1429 | 697 | 809 | 188 | 266 |
| 3 | 509 | 412 | 330 | 568 | 531 | 1507 | 752 | 913 | 817 | 259 | 251 |
| 4 | 766 | 1077 | 413 | 892 | 800 | 3374 | 2108 | 1170 | 1170 | 250 | 298 |
| 5 | 474 | 530 | 460 | 886 | 821 | 1271 | 850 | 999 | 1441 | 347 | 311 |
| Mittel | 543 | 565 | 832 | 817 | 650 | 1555 | 1178 | 946 | 1000 | 241 | 281 |
| Stdabw. | 112 | 275 | 611 | 128 | 132 | 973 | 529 | 152 | 265 | 65 | 22 |

[illegible] (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 249 | 145 | 120 | 280 | 273 | 169 | 385 | 379 | 306 | 59 | 105 |
| 2 | 309 | 95 | 109 | 332 | 323 | 62 | 328 | 394 | 314 | 72 | 67 |
| 3 | 269 | 109 | 251 | 261 | 275 | 114 | 327 | 347 | 370 | 100 | 56 |
| 4 | 196 | 83 | 120 | 330 | 259 | 88 | 494 | 318 | 362 | 80 | 66 |
| 5 | 260 | 149 | 155 | 259 | 280 | 201 | 180 | 289 | 355 | 120 | 108 |
| Mittel | 277 | 116 | 151 | 292 | 282 | 127 | 343 | 327 | 341 | 86 | 80 |
| Stdabw. | 51 | 28 | 52 | 32 | 22 | 51 | 102 | 32 | 26 | 22 | 22 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 259 | 42 | 213 | 272 | 280 | 82 | 294 | 528 | 295 | 31 | 45 |
| 2 | 260 | 45 | 135 | 294 | 314 | 95 | 264 | 321 | 298 | 22 | 26 |
| 3 | 387 | 40 | 258 | 241 | 272 | 118 | 465 | 296 | 347 | 33 | 26 |
| 4 | 193 | 34 | 130 | 301 | 253 | 127 | 1048 | 305 | 316 | 28 | 27 |
| 5 | 221 | 35 | 160 | 272 | 271 | 129 | 178 | 278 | 321 | 20 | 42 |
| Mittel | 264 | 39 | 179 | 276 | 278 | 110 | 450 | 346 | 315 | 27 | 33 |
| Stdabw. | 66 | 4 | 49 | 21 | 20 | 19 | 313 | 92 | 19 | 5 | 8 |

Q U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.5 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.7 | 0.1 | 0.2 |
| 2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.7 | 0.1 | 0.2 |
| 3 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 4 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 1.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.2 |
| 5 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 1.5 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.2 |
| Mittel | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.2 | 0.2 |
| Stdabw. | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | .0 | .0 | 0.3 | 0.1 | .0 |

E I S E N (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4038 | 2555 | 5201 | 6529 | 6262 | 3870 | 7946 | 7240 | 7389 | 1956 | 2366 |
| 2 | 7432 | 2257 | 5981 | 5500 | 6272 | 4136 | 10411 | 7576 | 6632 | 1558 | 2410 |
| 3 | 3635 | 3252 | 3969 | 4450 | 7300 | 4927 | 7097 | 5134 | 6037 | 2091 | 2563 |
| 4 | 4317 | 2543 | 4181 | 5396 | 7007 | 3536 | 6535 | 6115 | 6816 | 1794 | 2497 |
| 5 | 3904 | 2550 | 4263 | 5285 | 7394 | 4078 | 5454 | 6259 | 6533 | 1833 | 2812 |
| Mittel | 4665 | 2631 | 4719 | 5432 | 6847 | 4109 | 7489 | 6465 | 6641 | 1846 | 2529 |
| Stdabw. | 1401 | 330 | 760 | 663 | 490 | 460 | 1670 | 868 | 433 | 178 | 157 |

ORFA Leibstadt,9.1.1985 (Muell Nussbaumen)
(Trocknung bei 105 Grad Celsius)

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 346 | 196 | 1703 | 918 | 403 | 575 | 3274 | [illegible] | 1271 | 105 | 83 |
| 30 | 184 | 106 | 1096 | 1141 | 38[illegible] | 298 | 1964 | 3793 | 418 | 119 | 101 |
| 60 | 549 | 104 | 1017 | 1631 | 533 | 141 | 6896 | 3140 | 1091 | 68 | 99 |
| 90 | 998 | 148 | 2257 | 5043 | 841 | 278 | 5506 | 8915 | 1871 | 57 | 153 |
| 120 | 167 | 61 | 1851 | 2292 | 1192 | 433 | 9012 | 4953 | 1159 | 57 | 84 |
| Mittel | 449 | 123 | 1585 | 2205 | 671 | 345 | 5330 | [illegible] | 1162 | 81 | 104 |
| Stdabw. | 307 | 46 | 469 | 1495 | 308 | 148 | 2514 | 2104 | 463 | 26 | 26 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 266 | 397 | 481 | 1546 | 755 | 505 | 2526 | 5771 | 2953 | 132 | 172 |
| 30 | 105 | 102 | 447 | 1515 | 1390 | 2167 | 854 | [illegible] | 1187 | 112 | 204 |
| 60 | 396 | 188 | 1062 | 6278 | 1760 | 1760 | 5736 | 3958 | 6901 | 196 | 169 |
| 90 | 339 | 213 | 542 | 3251 | 1349 | 2520 | 2[illegible] | 3391 | 2230 | 192 | 305 |
| 120 | 388 | 124 | 1427 | 1812 | 1380 | 2178 | 3709 | 3878 | 2576 | 146 | 295 |
| Mittel | 299 | 205 | 792 | 2880 | 1327 | 1826 | 3085 | 4204 | 3169 | 156 | 229 |
| Stdabw. | 107 | 104 | 388 | 1815 | 323 | 703 | 1609 | 815 | 1956 | 33 | 59 |

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 6.2 | 7.9 | 7.3 | 11.2 | 7.5 | 18.8 | 51.7 | 16.8 | 12.7 | 4.2 | 6.1 |
| 30 | 6.1 | 7.8 | 5.3 | 6.7 | 9.3 | 84.9 | 9.3 | 8.0 | 7.2 | 4.4 | 6.1 |
| 60 | 5.7 | 6.1 | 6.3 | 6.2 | 6.1 | 51.7 | 20.2 | 15.3 | 6.3 | 3.5 | 5.0 |
| 90 | 5.2 | 5.5 | 3.8 | 9.8 | 4.2 | 61.2 | 10.8 | 6.8 | 5.0 | 3.6 | 5.6 |
| 120 | 4.7 | 3.2 | 4.6 | 4.1 | 7.3 | 14.8 | 6.9 | 5.0 | 5.6 | 2.9 | 4.1 |
| Mittel | 5.6 | 5.9 | 5.5 | 7.6 | 6.9 | 46.3 | 19.8 | 10.4 | 7.4 | 3.7 | 5.4 |
| Stdabw. | 0.6 | 1.6 | 1.2 | 2.6 | 1.7 | 26.4 | 16.6 | 4.8 | 2.8 | 0.5 | 0.8 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1096 | 1029 | 859 | 1574 | 1182 | 1447 | 2785 | 5685 | 2826 | 1029 | 1026 |
| 30 | 1067 | 1047 | 748 | 1695 | 1755 | 3223 | 1500 | 2980 | 1599 | 995 | 991 |
| 60 | 1142 | 1142 | 1299 | 1649 | 1264 | 1400 | 2942 | 2289 | 2122 | 1089 | 974 |
| 90 | 1012 | 1012 | 771 | 1330 | 1131 | 2796 | 2004 | 1504 | 1500 | 1054 | 1054 |
| 120 | 1057 | 1057 | 1189 | 1189 | 1174 | 2716 | 2321 | 1674 | 1527 | 859 | 984 |
| Mittel | 1075 | 1057 | 973 | 1487 | 1301 | 2316 | 2310 | 2826 | 1915 | 1085 | 1096 |
| Stdabw. | 43 | 45 | 227 | 195 | 231 | 749 | 524 | 1521 | 509 | 79 | 30 |

C H R O M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 261 | 156 | 83 | 92 | 72 | 441 | 182 | 162 | 127 | 48 | 58 |
| 30 | 157 | 224 | 85 | 82 | 72 | 207 | 179 | 197 | 106 | 160 | 89 |
| 60 | 94 | 123 | 60 | 62 | 51 | 175 | 87 | 94 | 182 | 88 | 68 |
| 90 | 126 | 151 | 66 | 70 | 86 | 235 | 173 | 93 | 123 | 50 | 65 |
| 120 | 89 | 111 | 80 | 70 | 38 | 221 | 220 | 162 | 165 | 71 | 62 |
| Mittel | 145 | 153 | 75 | 75 | 64 | 256 | 168 | 142 | 141 | 83 | 68 |
| Stdabw. | 63 | 39 | 10 | 11 | 17 | 95 | 44 | 41 | 28 | 41 | 11 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 25 | 15 | 55 | 83 | 96 | 17 | 148 | 167 | 100 | 10 | 13 |
| 30 | 20 | 10 | 37 | 82 | 74 | 41 | 110 | 172 | 120 | 8 | 11 |
| 60 | 13 | 12 | 10 | 65 | 67 | 20 | 56 | 62 | 106 | 6 | 11 |
| 90 | 17 | 13 | 21 | 89 | 107 | 80 | 160 | 83 | 119 | 7 | 10 |
| 120 | 15 | 17 | 35 | 70 | 37 | 39 | 197 | 117 | 157 | 7 | 19 |
| Mittel | 10 | 15 | 33 | 78 | 76 | 39 | 134 | 120 | 136 | 8 | 13 |
| Stdabw. | 4 | 2 | 13 | 9 | 24 | 22 | 40 | 44 | 31 | 1 | 3 |

Q U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 4.7 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 4.4 | 0.6 | 0.5 |
| 30 | 0.7 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 1.2 | 0.3 | 0.4 | 0.1 | 1.2 | 0.3 | 0.3 |
| 60 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.6 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 0.7 |
| 90 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.9 | 0.5 | 0.2 | 0.1 | 0.7 | 0.4 | 0.2 |
| 120 | 0.4 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.4 |
| Mittel | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 1.5 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 1.4 | 0.3 | 0.4 |
| Stdabw. | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 1.6 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 1.5 | 0.2 | 0.2 |

E I S E N (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1641 | 1493 | 2047 | 2236 | 2750 | 1778 | 3528 | 2985 | 3869 | 1211 | 1883 |
| 30 | 1211 | 1318 | 2010 | 2028 | 3207 | 3528 | 2455 | 2996 | 3207 | 1272 | 1761 |
| 60 | 974 | 819 | 1287 | 1591 | 2621 | 1460 | 2028 | 1726 | 4118 | 861 | 1349 |
| 90 | 1226 | 1196 | 1477 | 1866 | 2295 | 1303 | 2103 | 1919 | 3135 | 946 | 1381 |
| 120 | 946 | 1151 | 1624 | 1624 | 2354 | 2198 | 2236 | 2028 | 2685 | 868 | 1891 |
| Mittel | 1200 | 1195 | 1689 | 1869 | 2645 | 2053 | 2470 | 2315 | 3403 | 1030 | 1493 |
| Stdabw. | 249 | 222 | 297 | 244 | 327 | 798 | 549 | 529 | 520 | 177 | 289 |

ORFA Leibstadt,13.2.1985 (Muell Nussbaumen)
Trocknung bei 115 Grad

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 466 | 5066 | 523 | 287 | 800 | 1686 | 1415 | 786 | 1810 | 2197 | 2557 | 256 | 469 |
| 30 | 240 | 1829 | 620 | 291 | 519 | 1650 | 1961 | 466 | 1342 | 2197 | 3377 | 212 | 478 |
| 60 | 1426 | 1626 | 818 | 252 | 676 | 1942 | 1650 | 346 | 1392 | 2985 | 3417 | 157 | 393 |
| 90 | 1047 | 3852 | 892 | 221 | 536 | 1530 | 1911 | 693 | 1607 | 1524 | 3575 | 142 | 389 |
| 120 | 693 | 4092 | 519 | 433 | 978 | 2173 | 2049 | 490 | 3024 | 2343 | 2985 | 356 | 625 |
| Mittel | 774 | 3293 | 674 | 297 | 702 | 1796 | 1797 | 556 | 1835 | 2249 | 3182 | 225 | 471 |
| Stdabw. | 421 | 1343 | 154 | 73 | 172 | 231 | 233 | 168 | 617 | 465 | 368 | 77 | 86 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 97 | 2202 | 312 | 114 | 323 | 1014 | 596 | 1691 | 1341 | 1588 | 1421 | 64 | 336 |
| 30 | 116 | 1539 | 285 | 141 | 485 | 1588 | 631 | 762 | 1718 | 2325 | 1881 | 51 | 208 |
| 60 | 118 | 2625 | 192 | 72 | 370 | 800 | 486 | 849 | 2432 | 3052 | 945 | 32 | 367 |
| 90 | 190 | 1093 | 168 | 74 | 135 | 1040 | 374 | 655 | 955 | 955 | 821 | 52 | 250 |
| 120 | 67 | 2538 | 722 | 100 | 279 | 1150 | 276 | 504 | 1782 | 1782 | 1815 | 133 | 275 |
| Mittel | 118 | 1999 | 334 | 100 | 318 | 1118 | 457 | 892 | 1646 | 1948 | 1057 | 66 | 287 |
| Stdabw. | 41 | 593 | 202 | 26 | 115 | 261 | 136 | 416 | 492 | 708 | 202 | 35 | 58 |

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 2.7 | 4.8 | 4.1 | 4.1 | 5.2 | 4.2 | 7.0 | 24.2 | 6.7 | 4.4 | 6.4 | 2.6 | 3.9 |
| 30 | 2.3 | 4.1 | 3.7 | 3.3 | 4.9 | 5.3 | 4.9 | 19.2 | 7.5 | 3.9 | 5.0 | 2.7 | 4.3 |
| 60 | 4.4 | 5.9 | 4.5 | 3.5 | 4.1 | 3.7 | 3.9 | 22.5 | 7.6 | 3.9 | 4.2 | 2.7 | 4.3 |
| 90 | 2.8 | 4.6 | 4.4 | 4.8 | 5.1 | 3.5 | 4.0 | 17.8 | 8.8 | 4.2 | 4.4 | 3.4 | 4.9 |
| 120 | 3.2 | 3.4 | 3.3 | 3.4 | 4.7 | 3.5 | 3.8 | 15.9 | 7.5 | 4.0 | 4.0 | 3.0 | 5.4 |
| Mittel | 3.1 | 4.6 | 4.0 | 3.8 | 4.8 | 4.0 | 4.7 | 19.9 | 7.6 | 4.1 | 4.8 | 2.9 | 4.6 |
| Stdabw. | 0.7 | 0.8 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.7 | 1.2 | 3.0 | 0.7 | 0.2 | 0.9 | 0.3 | 0.5 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 325 | 1649 | 518 | 410 | 549 | 731 | 846 | 1783 | 1343 | 1150 | 961 | 297 | 335 |
| 30 | 602 | 1477 | 456 | 369 | 445 | 618 | 871 | 1360 | 690 | 798 | 913 | 423 | 402 |
| 60 | 1062 | 2461 | 1507 | 374 | 364 | 793 | 842 | 806 | 956 | 1150 | 917 | 286 | 347 |
| 90 | 492 | 1368 | 1010 | 2426 | 1101 | 1048 | 1077 | 806 | 737 | 965 | 798 | 2459 | 786 |
| 120 | 439 | 2161 | 748 | 690 | 649 | 797 | 881 | 838 | 887 | 694 | 712 | 591 | 578 |
| Mittel | 584 | 1823 | 848 | 854 | 622 | 797 | 903 | 1119 | 923 | 951 | 860 | 811 | 490 |
| Stdabw. | 255 | 419 | 383 | 795 | 258 | 141 | 111 | 393 | 231 | 184 | 92 | 831 | 172 |

C H R O M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 17 | 64 | 49 | 77 | 82 | 61 | 57 | 127 | 192 | 92 | 119 | 56 | 45 |
| 30 | 26 | 110 | 48 | 49 | 39 | 51 | 60 | 91 | 112 | 83 | 161 | 51 | 56 |
| 60 | 23 | 132 | 50 | 43 | 49 | 49 | 42 | 73 | 83 | 106 | 103 | 26 | 40 |
| 90 | 237 | 65 | 44 | 30 | 43 | 90 | 44 | 116 | 90 | 67 | 118 | 20 | 40 |
| 120 | 80 | 103 | 42 | 36 | 42 | 74 | 43 | 59 | 177 | 116 | 133 | 21 | 39 |
| Mittel | 77 | 111 | 47 | 47 | 51 | 65 | 49 | 93 | 131 | 93 | 127 | 35 | 44 |
| Stdabw. | 83 | 45 | 3 | 16 | 16 | 15 | 8 | 25 | 45 | 17 | 20 | 15 | 6 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 10 | 71 | 20 | 21 | 45 | 89 | 70 | 109 | 111 | 122 | 154 | 13 | 14 |
| 30 | 17 | 93 | 10 | 10 | 22 | 59 | 87 | 25 | 85 | 100 | 197 | 7 | 20 |
| 60 | 14 | 291 | 20 | 9 | 21 | 67 | 43 | 80 | 50 | 120 | 129 | 6 | 11 |
| 90 | 11 | 69 | 23 | 13 | 37 | 112 | 72 | 30 | 82 | 64 | 130 | 9 | 11 |
| 120 | 9 | 167 | 16 | 12 | 36 | 89 | 60 | 34 | 112 | 120 | 159 | 9 | 13 |
| Mittel | 12 | 130 | 23 | 13 | 32 | 83 | 66 | 56 | 90 | 100 | 155 | 9 | 14 |
| Stdabw. | 3 | 84 | 5 | 4 | 9 | 19 | 15 | 33 | 20 | 24 | 23 | 2 | 3 |

B U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.1 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.9 | 2.0 | 0.9 | 0.5 | 0.3 | 1.6 | 0.4 | 0.4 |
| 30 | 0.2 | 1.4 | 0.3 | 1.1 | 0.6 | 0.4 | 1.8 | 3.0 | 0.3 | 1.4 | 1.2 | 0.5 | 0.5 |
| 60 | 0.6 | 0.7 | 0.3 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 1.9 | 1.3 | 0.9 | 0.8 | 2.4 | 0.2 | 0.5 |
| 90 | 0.6 | 0.6 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.8 | 1.0 | 0.5 | 0.9 | 0.2 | 0.8 | 0.2 | 0.4 |
| 120 | 0.4 | 0.8 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 0.1 | 0.4 | 0.2 | 0.2 |
| Mittel | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 1.6 | 1.3 | 0.7 | 0.6 | 1.3 | 0.3 | 0.4 |
| Stdabw. | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.9 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.1 | 0.1 |

E I S E N (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 2328 | 4666 | 2475 | 1818 | 3570 | 5185 | 6665 | 6316 | 5159 | 6254 | 8373 | 1415 | 2022 |
| 30 | 1156 | 5105 | 2425 | 1352 | 2297 | 3487 | 6959 | 2524 | 4892 | 4666 | 8150 | 1171 | 2139 |
| 60 | 3075 | 2730 | 2926 | 1327 | 1403 | 3570 | 5688 | 2836 | 5630 | 4947 | 8004 | 1074 | 1686 |
| 90 | 2218 | 8560 | 3632 | 1652 | 3019 | 4947 | 5804 | 3132 | 4161 | 3611 | 6632 | 1088 | 1749 |
| 120 | 2234 | 5105 | 2475 | 2172 | 2678 | 4616 | 5804 | 2926 | 3738 | 5105 | 6795 | 1415 | 2242 |
| Mittel | 2202 | 5233 | 2787 | 1664 | 2593 | 4361 | 6184 | 3547 | 4556 | 4917 | 7591 | 1233 | 1968 |
| Stdabw. | 612 | 1881 | 460 | 314 | 728 | 704 | 523 | 1398 | 715 | 848 | 728 | 153 | 217 |

ORFA Leibstadt, 7.3.1885 (Muell Nussbaumen)

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 43 | 75 | 347 | 60 | 185 | 426 | 523 | 168 | 769 | 1460 | 1010 | 56 | 89 |
| 30 | 74 | 418 | 182 | 64 | 837 | 766 | 691 | 213 | 917 | 1057 | 1097 | 48 | 89 |
| 60 | 62 | 315 | 166 | 49 | 379 | 889 | 456 | 145 | 1239 | 1063 | 786 | 43 | 67 |
| 90 | 42 | 920 | 127 | 69 | 474 | 619 | 379 | 103 | 883 | 1512 | 638 | 53 | 69 |
| 120 | 44 | 74 | 171 | 52 | 232 | 289 | 270 | 444 | 994 | 630 | 500 | 42 | 71 |
| Mittel | 53 | 360 | 199 | 59 | 421 | 598 | 464 | 215 | 960 | 1144 | 806 | 48 | 77 |
| Stdabw. | 13 | 310 | 76 | 7 | 232 | 218 | 141 | 120 | 157 | 321 | 223 | 5 | 10 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 205 | 2025 | 1539 | 652 | 1960 | 4604 | 5933 | 4927 | 12740 | 16425 | 10310 | 170 | 345 |
| 30 | 220 | 4296 | 385 | 944 | 3509 | 4302 | 3159 | 2868 | 10795 | 7230 | 4265 | 87 | 383 |
| 60 | 1167 | 7419 | 1456 | 407 | 3906 | 5679 | 1563 | 1905 | 11147 | 6579 | 3452 | 231 | 312 |
| 90 | 294 | 4252 | 1377 | 478 | 1888 | 4097 | 1834 | 1910 | 4092 | 6698 | 4222 | 328 | 758 |
| 120 | 721 | 2561 | 1420 | 451 | 1897 | 5523 | 1893 | 1156 | 6207 | 6334 | 4066 | 240 | 777 |
| Mittel | 472 | 4498 | 1189 | 620 | 2816 | 4671 | 3122 | 2903 | 9694 | 9233 | 5564 | 204 | 450 |
| Stdabw. | 374 | 1884 | 429 | 197 | 887 | 643 | 1625 | 1305 | 3264 | 3897 | 2543 | 80 | 207 |

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 3.4 | 4.6 | 2.8 | 2.8 | 6.9 | 5.8 | 4.0 | 18.3 | 6.2 | 3.8 | 2.7 | 1.3 | 2.6 |
| 30 | 1.4 | 4.7 | 2.7 | 6.5 | 3.5 | 2.8 | 3.5 | 30.3 | 5.1 | 3.8 | 2.1 | 1.0 | 2.5 |
| 60 | 3.9 | 5.0 | 2.9 | 4.9 | 3.3 | 2.7 | 2.4 | 21.2 | 4.9 | 2.5 | 1.6 | 1.1 | 1.7 |
| 90 | 3.0 | 3.6 | 6.8 | 4.2 | 3.4 | 3.4 | 2.7 | 24.4 | 3.8 | 3.1 | 1.6 | 1.3 | 1.6 |
| 120 | 2.4 | 3.0 | 5.1 | 4.7 | 4.9 | 3.9 | 3.1 | 32.6 | 9.1 | 3.9 | 1.9 | 2.0 | 1.7 |
| Mittel | 2.9 | 4.5 | 3.8 | 4.6 | 4.3 | 3.7 | 3.2 | 23.6 | 5.0 | 3.3 | 2.0 | 1.2 | 2.1 |
| Stdabw. | 0.9 | 0.8 | 1.6 | 1.2 | 1.4 | 1.1 | 0.6 | 5.4 | 1.8 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.4 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 321 | 1412 | 1176 | 618 | 1045 | 2065 | 2504 | 1542 | 1899 | 3626 | 3440 | 627 | 866 |
| 30 | 586 | 3764 | 438 | 405 | 2372 | 1163 | 1745 | 1662 | 4643 | 2151 | 2489 | 405 | 669 |
| 60 | 656 | 5000 | 578 | 438 | 1646 | 2004 | 1398 | 2039 | 4403 | 2636 | 2065 | 382 | 462 |
| 90 | 418 | 1813 | 756 | 411 | 1472 | 2243 | 1015 | 1995 | 2489 | 3341 | 1969 | 421 | 483 |
| 120 | 376 | 925 | 903 | 465 | 1318 | 2498 | 1196 | 1882 | 3643 | 3291 | 2194 | 462 | 643 |
| Mittel | 495 | 2997 | 737 | 468 | 1634 | 1869 | 1666 | 1810 | 3359 | 2939 | 2491 | 459 | 620 |
| Stdabw. | 128 | 1546 | 257 | 78 | 447 | 450 | 525 | 192 | 1067 | 538 | 534 | 88 | 146 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 33 | 384 | 91 | 82 | 53 | 82 | 195 | 69 | 204 | 307 | 854 | 23 | 58 |
| 30 | 35 | 377 | 97 | 24 | 241 | 162 | 126 | 77 | 638 | 246 | 599 | 21 | 32 |
| 60 | 99 | 877 | 100 | 33 | 80 | 178 | 109 | 126 | 257 | 420 | 799 | 23 | 41 |
| 90 | 23 | 91 | 71 | 39 | 63 | 100 | 74 | 69 | 113 | 289 | 428 | 34 | 66 |
| 120 | 37 | 295 | 104 | 47 | 94 | 100 | 116 | 140 | 325 | 405 | 832 | 28 | 52 |
| Mittel | 48 | 432 | 90 | 45 | 109 | 131 | 126 | 85 | 303 | 316 | 670 | 25 | 49 |
| Stdabw. | 27 | 259 | 12 | 20 | 69 | 38 | 40 | 31 | 179 | 68 | 164 | 5 | 12 |

C H R O M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 68 | 206 | 48 | 48 | 68 | 72 | 56 | 144 | 199 | 100 | 335 | 68 | 64 |
| 30 | 161 | 373 | 72 | 44 | 56 | 72 | 60 | 161 | 227 | 113 | 250 | 48 | 40 |
| 60 | 128 | 321 | 52 | 48 | 60 | 89 | 64 | 192 | 206 | 106 | 437 | 64 | 48 |
| 90 | 624 | 85 | 150 | 85 | 56 | 64 | 44 | 383 | 94 | 133 | 213 | 72 | 60 |
| 120 | 25 | 161 | 52 | 89 | 72 | 56 | 60 | 669 | 267 | 192 | 362 | 89 | 64 |
| Mittel | 245 | 246 | 81 | 56 | 62 | 74 | 56 | 220 | 182 | 135 | 309 | 63 | 53 |
| Stdabw. | 217 | 105 | 39 | 20 | 7 | 11 | 7 | 199 | 57 | 36 | 80 | 13 | 10 |

Q U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.0 | 0.1 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.8 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.4 |
| 30 | 0.0 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.7 | 0.5 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.3 |
| 60 | 0.1 | 1.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.4 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| 90 | 0.1 | 0.4 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| 120 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.8 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 |
| Mittel | 0.1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.3 |
| Stdabw. | .0 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |

E I S E N (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 554 | 3426 | 3727 | 2043 | 2948 | 4076 | 3630 | 3161 | 4820 | 5881 | 5737 | 430 | 773 |
| 30 | 920 | 2857 | 1262 | 2010 | 4557 | 2800 | 2731 | 3230 | 9799 | 5002 | 4437 | 538 | 982 |
| 60 | 2109 | 4574 | 2311 | 1170 | 2845 | 2254 | 2198 | 5737 | 4303 | 3902 | 4420 | 538 | 1044 |
| 90 | 638 | 2120 | 4270 | 1431 | 2619 | 3054 | 2332 | 2896 | 3469 | 4874 | 5517 | 563 | 1234 |
| 120 | 3202 | 10003 | 2731 | 1667 | 2607 | 2781 | 2819 | 4387 | 4404 | 4749 | 7328 | 638 | 1528 |
| Mittel | 1055 | 3244 | 2893 | 1664 | 3242 | 2846 | 2723 | 3756 | 5598 | 4915 | 5028 | 517 | 1008 |
| Stdabw. | 1024 | 2820 | 1059 | 335 | 733 | 725 | 582 | 1060 | 2263 | 631 | 1067 | 67 | 255 |

ORFA Leibstadt, 7.5.1985 (Muell Nussbaumen)

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 336 | 1152 | 163 | 47 | 153 | 271 | 228 | 415 | 774 | 498 | 525 | 27 | 66 |
| 30 | 202 | 1222 | 161 | 49 | 216 | 358 | 219 | 279 | 991 | 446 | 518 | 43 | 100 |
| 60 | 50 | 651 | 95 | 36 | 258 | 240 | 198 | 329 | 861 | 724 | 364 | 39 | 148 |
| 90 | 37 | 165 | 133 | 44 | 272 | 271 | 199 | 202 | 488 | 376 | 222 | 41 | 81 |
| 120 | 74 | 487 | 108 | 57 | 223 | 314 | 204 | 146 | 735 | 383 | 364 | 31 | 82 |
| Mittel | 140 | 735 | 132 | 47 | 224 | 291 | 210 | 274 | 768 | 485 | 399 | 36 | 95 |
| Stsabw. | 114 | 401 | 27 | 7 | 41 | 41 | 12 | 94 | 169 | 127 | 113 | 6 | 28 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 528 | 4410 | 2460 | 1318 | 7721 | 22085 | 1622 | 20725 | 24055 | 12768 | 11365 | 269 | 257 |
| 30 | 71 | 2012 | 1986 | 1137 | 5986 | 9490 | 3330 | 10565 | 17480 | 15180 | 6933 | 190 | 410 |
| 60 | 57 | 1182 | 1092 | 157 | 4655 | 6081 | 1538 | 11970 | 21150 | 9310 | 2998 | 84 | 403 |
| 90 | 554 | 3692 | 878 | 1038 | 2501 | 2399 | 843 | 5600 | 9865 | 3095 | 2110 | 108 | 188 |
| 120 | 18 | 711 | 729 | 672 | 2209 | 2975 | 737 | 7130 | 7675 | 4035 | 1349 | 71 | 107 |
| Mittel | 244 | 2401 | 1413 | 864 | 4598 | 8606 | 1614 | 11198 | 15885 | 8878 | 4951 | 144 | 273 |
| Stdabw. | 243 | 1428 | 663 | 412 | 2077 | 7198 | 929 | 5285 | 6495 | 4731 | 3740 | 75 | 119 |

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 2.3 | 1.7 | 2.7 | 4.3 | 4.8 | 2.9 | 6.3 | 12.1 | 5.9 | 5.5 | 14.3 | 4.9 | 3.5 |
| 30 | 0.8 | 4.2 | 3.7 | 4.3 | 9.7 | 7.2 | 5.4 | 19.2 | 45.4 | 5.8 | 7.9 | 1.9 | 5.5 |
| 60 | 2.1 | 2.2 | 2.7 | 2.4 | 5.1 | 5.1 | 3.9 | 15.5 | 8.8 | 3.5 | 3.5 | 1.5 | 5.4 |
| 90 | 0.9 | 1.8 | 2.7 | 2.6 | 3.7 | 2.7 | 2.5 | 11.6 | 6.1 | 2.8 | 1.9 | 1.5 | 3.6 |
| 120 | 1.4 | 1.7 | 3.3 | 2.4 | 3.9 | 2.6 | 2.4 | 14.8 | 5.2 | 3.3 | 8.5 | 1.6 | 2.7 |
| Mittel | 1.5 | 2.3 | 3.0 | 3.2 | 5.4 | 4.1 | 4.1 | 14.6 | 14.3 | 4.2 | 7.2 | 2.3 | 4.1 |
| Stdabw. | 0.6 | 1.0 | 0.4 | 0.9 | 2.2 | 1.8 | 1.6 | 2.7 | 15.6 | 1.2 | 4.3 | 1.3 | 1.1 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 469 | 1949 | 2416 | 1154 | 1559 | 1916 | 1045 | 2763 | 1440 | 2490 | 2459 | 1250 | 1885 |
| 30 | 251 | 2321 | 866 | 605 | 1032 | 2644 | 2172 | 1322 | 2477 | 2322 | 2047 | 523 | 1242 |
| 60 | 199 | 1537 | 550 | 599 | 1126 | 1581 | 1175 | 1486 | 2202 | 1270 | 1191 | 346 | 738 |
| 90 | 693 | 7585 | 610 | 534 | 813 | 854 | 884 | 1854 | 1398 | 819 | 677 | 479 | 621 |
| 120 | 506 | 1795 | 773 | 761 | 950 | 896 | 785 | 2235 | 2026 | 1040 | 898 | 767 | 654 |
| Mittel | 424 | 3021 | 1043 | 731 | 1096 | 1578 | 1196 | 1932 | 1989 | 1588 | 1454 | 673 | 868 |
| Stdabw. | 180 | 2256 | 696 | 224 | 253 | 669 | 513 | 521 | 425 | 685 | 685 | 319 | 249 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 48 | 102 | 48 | 18 | 44 | 99 | 76 | 81 | 105 | 117 | 85 | 14 | 21 |
| 30 | 29 | 128 | 51 | 34 | 82 | 114 | 100 | 57 | 218 | 95 | 127 | 19 | 49 |
| 60 | 46 | 92 | 46 | 37 | 58 | 102 | 107 | 74 | 114 | 78 | 155 | 14 | 46 |
| 90 | 18 | 55 | 58 | 27 | 74 | 122 | 110 | 76 | 132 | 76 | 142 | 12 | 31 |
| 120 | 35 | 133 | 44 | 30 | 89 | 161 | 119 | 88 | 256 | 114 | 105 | 14 | 29 |
| Mittel | 35 | 102 | 49 | 29 | 69 | 120 | 102 | 75 | 165 | 96 | 123 | 15 | 35 |
| Stdabw. | 11 | 28 | 5 | 7 | 16 | 22 | 15 | 10 | 61 | 17 | 25 | 2 | 11 |

C H R O M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 43 | 216 | 69 | 37 | 61 | 124 | 50 | 109 | 130 | 179 | 94 | 21 | 33 |
| 30 | 33 | 419 | 90 | 50 | 119 | 179 | 141 | 81 | 250 | 186 | 153 | 40 | 81 |
| 60 | 61 | 141 | 77 | 43 | 85 | 147 | 114 | 54 | 250 | 104 | 225 | 43 | 73 |
| 90 | 50 | 73 | 94 | 57 | 104 | 241 | 135 | 90 | 277 | 109 | 225 | 40 | 50 |
| 120 | 47 | 287 | 73 | 50 | 147 | 259 | 153 | 94 | 360 | 147 | 124 | 27 | 57 |
| Mittel | 47 | 227 | 81 | 47 | 103 | 190 | 119 | 86 | 253 | 145 | 164 | 34 | 59 |
| Stdabw. | 9 | 120 | 10 | 7 | 29 | 52 | 37 | 18 | 74 | 34 | 53 | 9 | 17 |

E I S E N (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 3356 | 7054 | 1939 | 1476 | 2428 | 4746 | 5290 | 3850 | 4206 | 4353 | 4808 | 1153 | 1333 |
| 30 | 1394 | 6520 | 3540 | 1853 | 3647 | 4206 | 5389 | 4562 | 4532 | 3513 | 5939 | 1374 | 2314 |
| 60 | 2951 | 7211 | 2474 | 2405 | 2614 | 3838 | 5984 | 2976 | 3950 | 3001 | 4265 | 1496 | 2567 |
| 90 | 1435 | 3866 | 2685 | 1853 | 2544 | 3001 | 4442 | 1960 | 3382 | 2135 | 2951 | 1331 | 1789 |
| 120 | 2292 | 2709 | 2951 | 1704 | 2951 | 3227 | 3149 | 3382 | 4120 | 2878 | 3756 | 1293 | 1874 |
| Mittel | 2286 | 5472 | 2718 | 1858 | 2837 | 3804 | 4835 | 3186 | 4038 | 3176 | 4344 | 1329 | 1975 |
| Stdabw. | 788 | 1835 | 529 | 306 | 441 | 637 | 965 | 836 | 379 | 735 | 1005 | 112 | 429 |

Q U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Zeit | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.8 | 0.5 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.9 | 0.3 | 1.0 | 2.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.3 |
| 30 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.8 | 0.5 | 0.5 | 0.9 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.3 |
| 60 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 2.3 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| 90 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| 120 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| Mittel | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 1.3 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| Stdabw. | 0.3 | 0.2 | .0 | .0 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.8 | .0 | .0 | .0 | .0 |

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 119 | 1680 | 135 | 158 | 227 | 694 | 530 | 491 | 549 | 317 | 520 | 98 | 153 |
| 2 (B) | 50 | 289 | 164 | 113 | 153 | 289 | 279 | 144 | 404 | 501 | 510 | 68 | 108 |
| 3 | 182 | 385 | 154 | 133 | 211 | 443 | 289 | 173 | 433 | 385 | 385 | 88 | 115 |
| 4 | 58 | 366 | 231 | 103 | 194 | 395 | 346 | 212 | 385 | 549 | 414 | 89 | 129 |
| 5 | 103 | 289 | 481 | 79 | 404 | 327 | 269 | 125 | 665 | 617 | 462 | 86 | 130 |
| 6 | 67 | 192 | 327 | 385 | 626 | 713 | 723 | 192 | 636 | 830 | 898 | 157 | 192 |
| 7 | 126 | 392 | 298 | 791 | 520 | 443 | 375 | 154 | 260 | 646 | 908 | 136 | 199 |
| 8 | 160 | 665 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 66 | 183 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 103 | 493 | 256 | 252 | 334 | 472 | 402 | 213 | 476 | 549 | 585 | 103 | 147 |
| Stdabw. | 44 | 441 | 114 | 240 | 171 | 156 | 155 | 117 | 136 | 159 | 206 | 29 | 34 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 557 | 2322 | 588 | 216 | 3298 | 5898 | 1355 | 4351 | 4576 | 2564 | 2629 | 103 | 69 |
| 2 (B) | 132 | 546 | 692 | 326 | 1367 | 1181 | 930 | 3966 | 4306 | 3806 | 1963 | 48 | 51 |
| 3 | 176 | 524 | 264 | 137 | 1890 | 2073 | 760 | 5151 | 3535 | 1649 | 2335 | 50 | 49 |
| 4 | 45 | 1390 | 259 | 74 | 468 | 1101 | 201 | 1626 | 2668 | 828 | 816 | 45 | 54 |
| 5 | 57 | 1578 | 320 | 155 | 703 | 964 | 355 | 1158 | 1590 | 1626 | 1398 | 51 | 47 |
| 6 | 212 | 884 | 174 | 152 | 760 | 816 | 305 | 861 | 2787 | 1204 | 1472 | 40 | 43 |
| 7 | 288 | 457 | 355 | 73 | 1135 | 524 | 140 | 1078 | 1437 | 748 | 613 | 48 | 45 |
| 8 | 189 | 2036 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 241 | 1926 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 282 | 1296 | 378 | 162 | 1374 | 1794 | 578 | 2599 | 2974 | 1775 | 1683 | 54 | 51 |
| Stdabw. | 147 | 676 | 174 | 81 | 988 | 1733 | 417 | 1682 | 1148 | 1004 | 695 | 20 | 8 |

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 2.8 | 7.5 | 6.7 | 3.8 | 3.6 | 48.3 | 34.7 | 14.7 | 11.7 | 12.6 | 48.3 | 2.3 | 2.6 |
| 2 (B) | 2.5 | 6.2 | 5.0 | 4.1 | 8.4 | 9.3 | 13.1 | 22.5 | 10.3 | 16.9 | 23.5 | 2.0 | 2.4 |
| 3 | 4.2 | 6.6 | 4.8 | 3.9 | 5.8 | 6.1 | 6.3 | 23.2 | 7.2 | 9.3 | 10.7 | 3.2 | 2.6 |
| 4 | 1.3 | 7.5 | 4.6 | 3.3 | 3.7 | 6.1 | 7.6 | 19.3 | 8.3 | 12.9 | 7.8 | 1.8 | 2.4 |
| 5 | 1.7 | 4.3 | 3.5 | 4.8 | 4.7 | 6.7 | 7.9 | 16.4 | 22.3 | 5.8 | 12.4 | 1.9 | 2.6 |
| 6 | 2.7 | 9.7 | 3.7 | 5.1 | 3.9 | 9.1 | 8.0 | 16.3 | 8.5 | 12.8 | 13.8 | 1.5 | 1.8 |
| 7 | 3.6 | 2.8 | 4.4 | 2.4 | 4.8 | 3.9 | 5.5 | 42.3 | 5.0 | 7.6 | 7.5 | 1.3 | 2.4 |
| 8 | 6.0 | 3.6 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 5.2 | 2.6 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 3.3 | 5.6 | 4.7 | 3.9 | 5.0 | 12.8 | 11.9 | 22.1 | 10.5 | 11.1 | 17.7 | 2.0 | 2.4 |
| Stdabw. | 1.5 | 2.3 | 1.0 | 0.8 | 1.6 | 14.6 | 9.6 | 8.8 | 5.2 | 3.5 | 13.4 | 0.6 | 0.3 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 532 | 935 | 412 | 590 | 584 | 1039 | 803 | 1025 | 751 | 735 | 1065 | 432 | 703 |
| 2 (B) | 280 | 718 | 439 | 381 | 632 | 428 | 504 | 915 | 567 | 655 | 768 | 329 | 432 |
| 3 | 614 | 350 | 396 | 396 | 510 | 584 | 428 | 1073 | 898 | 615 | 964 | 298 | 361 |
| 4 | 444 | 829 | 381 | 407 | 555 | 626 | 433 | 679 | 1209 | 695 | 679 | 376 | 424 |
| 5 | 355 | 737 | 330 | 355 | 776 | 510 | 376 | 727 | 776 | 728 | 841 | 353 | 361 |
| 6 | 386 | 2314 | 417 | 376 | 572 | 515 | 304 | 448 | 973 | 416 | 735 | 369 | 329 |
| 7 | 477 | 816 | 285 | 280 | 816 | 433 | 314 | 866 | 907 | 751 | 703 | 313 | 363 |
| 8 | 407 | 1418 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 439 | 638 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 437 | 973 | 380 | 398 | 635 | 591 | 452 | 933 | 869 | 656 | 822 | 353 | 425 |
| Stdabw. | 92 | 544 | 50 | 87 | 108 | 195 | 157 | 407 | 186 | 108 | 133 | 42 | 119 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 22 | 165 | 37 | 45 | 28 | 81 | 45 | 94 | 45 | 107 | 154 | 12 | 15 |
| 2 (B) | 20 | 99 | 47 | 17 | 60 | 105 | 151 | 55 | 123 | 162 | 168 | 10 | 12 |
| 3 | 33 | 165 | 31 | 16 | 78 | 126 | 145 | 247 | 71 | 156 | 182 | 11 | 12 |
| 4 | 20 | 159 | 42 | 19 | 58 | 142 | 134 | 113 | 179 | 159 | 113 | 11 | 14 |
| 5 | 24 | 176 | 37 | 16 | 58 | 137 | 99 | 86 | 137 | 113 | 123 | 12 | 15 |
| 6 | 19 | 280 | 55 | 18 | 81 | 140 | 110 | 15 | 142 | 140 | 151 | 8 | 11 |
| 7 | 63 | 134 | 42 | 19 | 107 | 134 | 142 | 84 | 140 | 237 | 156 | 7 | 13 |
| 8 | 55 | 266 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 32 | 237 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 32 | 178 | 42 | 21 | 65 | 124 | 118 | 99 | 120 | 153 | 150 | 10 | 13 |
| Stdabw. | 15 | 68 | 7 | 10 | 24 | 21 | 35 | 67 | 43 | 48 | 22 | 2 | 1 |

C H R O M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 65 | 310 | 65 | 75 | 147 | 122 | 105 | 333 | 167 | 185 | 260 | 37 | 68 |
| 2 (B) | 32 | 163 | 61 | 61 | 80 | 143 | 274 | 241 | 196 | 404 | 284 | 28 | 39 |
| 3 | 43 | 279 | 47 | 41 | 122 | 174 | 246 | 237 | 108 | 269 | 204 | 24 | 41 |
| 4 | 50 | 284 | 92 | 54 | 95 | 255 | 260 | 345 | 357 | 316 | 167 | 24 | 45 |
| 5 | 119 | 274 | 87 | 82 | 87 | 250 | 185 | 546 | 300 | 250 | 196 | 26 | 43 |
| 6 | 56 | 351 | 65 | 75 | 80 | 170 | 188 | 122 | 153 | 300 | 260 | 32 | 37 |
| 7 | 330 | 220 | 84 | 70 | 167 | 233 | 260 | 383 | 128 | 473 | 310 | 26 | 35 |
| 8 | 269 | 669 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 202 | 470 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 130 | 336 | 72 | 65 | 111 | 192 | 217 | 315 | 201 | 314 | 240 | 28 | 44 |
| Stdabw. | 104 | 143 | 15 | 13 | 32 | 49 | 56 | 124 | 86 | 97 | 48 | 4 | 10 |

Q U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 0.8 | 3.6 | 0.5 | 1.1 | 0.5 | 0.5 | 1.2 | 0.9 | 0.3 | 0.4 | 0.1 | 1.2 | 1.5 |
| 2 (B) | 0.5 | 1.8 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 2.2 | 1.1 | 0.5 | 1.0 | 0.1 | 0.5 | 0.8 |
| 3 | 0.7 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.9 | 0.1 | 0.3 | 0.5 |
| 4 | 0.2 | 0.3 | 1.2 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.4 | 0.2 | 0.5 | 0.4 | 0.1 | 0.3 | 0.3 |
| 5 | 0.2 | 0.3 | 1.3 | 2.8 | 1.0 | 2.0 | 1.1 | 0.2 | 0.6 | 1.6 | 3.5 | 0.4 | 0.4 |
| 6 | 1.2 | 3.7 | 1.1 | 0.9 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 18.3 | 3.6 | 0.8 |
| 7 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 1.1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 2.4 | 1.3 | 0.6 |
| 8 | 0.9 | 3.1 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 0.3 | 3.2 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 0.6 | 1.9 | 0.8 | 0.9 | 0.4 | 0.6 | 1.0 | 0.5 | 0.4 | 0.7 | 3.5 | 1.1 | 0.7 |
| Stdabw. | 0.3 | 1.5 | 0.4 | 0.8 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 6.2 | 1.1 | 0.4 |

E I S E N (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 1682 | 2200 | 1717 | 1822 | 1751 | 2036 | 1334 | 3630 | 1444 | 1682 | 3770 | 1083 | 1180 |
| 2 (B) | 1083 | 1822 | 1857 | 2073 | 1545 | 1964 | 2806 | 2526 | 1786 | 2183 | 4461 | 1180 | 1311 |
| 3 | 1613 | 2605 | 1613 | 1857 | 1964 | 2296 | 2847 | 2146 | 1964 | 2410 | 3448 | 1212 | 1344 |
| 4 | 1051 | 1647 | 2183 | 1682 | 1579 | 2183 | 2487 | 2334 | 2296 | 2109 | 3184 | 1180 | 1444 |
| 5 | 1511 | 4618 | 2036 | 1511 | 1212 | 2036 | 2221 | 2410 | 2073 | 1928 | 4107 | 1245 | 1444 |
| 6 | 1051 | 2334 | 1682 | 1717 | 1344 | 1822 | 1928 | 1444 | 1278 | 1682 | 3098 | 1083 | 1245 |
| 7 | 1928 | 2888 | 1822 | 1511 | 1613 | 1647 | 2146 | 2725 | 1579 | 2296 | 3141 | 1019 | 1444 |
| 8 | 1822 | 2725 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 3141 | 3359 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 1654 | 2666 | 1844 | 1739 | 1573 | 1998 | 2253 | 2459 | 1774 | 2041 | 3601 | 1143 | 1345 |
| Stdabw. | 614 | 866 | 188 | 185 | 230 | 200 | 489 | 609 | 336 | 266 | 491 | 76 | 98 |

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 70 | 1185 | 155 | 35 | 585 | 175 | 175 | 220 | 270 | 270 | 445 | 22 | 53 |
| 2 (B) | 115 | 905 | 180 | 70 | 170 | 250 | 280 | 120 | 195 | 195 | 945 | 38 | 66 |
| 3 | 135 | 255 | 150 | 95 | 135 | 250 | 305 | 300 | 300 | 300 | 900 | 51 | 77 |
| 4 | 120 | 395 | 140 | 85 | 145 | 255 | 220 | 175 | 145 | 145 | 585 | 54 | 47 |
| 5 | 220 | 715 | 340 | 100 | 160 | 325 | 340 | 135 | 180 | 180 | 1595 | 55 | 75 |
| 6 | 180 | 550 | 215 | 110 | 250 | 525 | 410 | 120 | 330 | 330 | 1120 | 58 | 72 |
| 7 | 235 | 440 | 335 | 100 | 215 | 540 | 455 | 130 | 370 | 220 | 1810 | 61 | 70 |
| 8 | 320 | 3210 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 475 | 2335 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 208 | 1110 | 216 | 85 | 237 | 331 | 312 | 171 | 256 | 234 | 1057 | 48 | 66 |
| Stdabw. | 118 | 950 | 80 | 24 | 147 | 133 | 92 | 62 | 78 | 63 | 462 | 13 | 11 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 250 | 2025 | 165 | 135 | 10950 | 1400 | 1650 | 3500 | 12000 | 2400 | 7450 | 50 | 75 |
| 2 (B) | 270 | 3630 | 260 | 120 | 1250 | 900 | 750 | 1950 | 1600 | 1200 | 4450 | 30 | 75 |
| 3 | 215 | 690 | 585 | 155 | 400 | 550 | 450 | 1000 | 750 | 1150 | 1300 | 65 | 75 |
| 4 | 75 | 170 | 525 | 355 | 500 | 800 | 235 | 1700 | 500 | 900 | 1150 | 125 | 140 |
| 5 | 195 | 830 | 385 | 210 | 550 | 600 | 410 | 650 | 650 | 550 | 1600 | 70 | 90 |
| 6 | 120 | 405 | 110 | 65 | 400 | 550 | 310 | 310 | 750 | 550 | 650 | 60 | 80 |
| 7 | 275 | 460 | 295 | 155 | 215 | 450 | 385 | 265 | 145 | 850 | 1150 | 65 | 65 |
| 8 | 275 | 1035 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 165 | 725 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 204 | 1108 | 332 | 171 | 2038 | 750 | 599 | 1454 | 2342 | 1086 | 2536 | 66 | 86 |
| Stdabw. | 68 | 1022 | 164 | 85 | 3651 | 302 | 455 | 1068 | 3964 | 587 | 2318 | 27 | 23 |

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 7.6 | 4.3 | 2.7 | 1.0 | 4.5 | 1.6 | 3.6 | 5.2 | 4.9 | 5.3 | 3.9 | 0.7 | 1.4 |
| 2 (B) | 7.1 | 11.2 | 8.5 | 1.4 | 4.4 | 1.9 | 6.7 | 5.2 | 11.6 | 14.1 | 42.5 | 0.8 | 1.6 |
| 3 | 7.8 | 15.0 | 9.8 | 4.2 | 7.5 | 11.1 | 23.0 | 13.3 | 12.4 | 21.5 | 104.0 | 2.3 | 4.4 |
| 4 | 7.2 | 36.7 | 8.9 | 3.9 | 5.6 | 11.9 | 18.1 | 12.7 | 6.1 | 13.9 | 92.0 | 3.9 | 3.7 |
| 5 | 5.5 | 119.2 | 16.1 | 6.3 | 9.5 | 25.4 | 48.0 | 14.8 | 11.7 | 66.0 | 289.0 | 3.7 | 6.3 |
| 6 | 22.9 | 83.0 | 19.9 | 5.6 | 9.8 | 71.0 | 57.5 | 9.1 | 11.3 | 145.0 | 189.5 | 4.4 | 6.9 |
| 7 | 32.5 | 72.2 | 11.2 | 11.9 | 18.9 | 73.0 | 63.8 | 11.2 | 15.0 | 137.0 | 156.0 | 4.7 | 7.7 |
| 8 | 30.2 | 136.3 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 20.8 | 83.9 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 15.7 | 62.4 | 11.8 | 4.9 | 8.5 | 28.0 | 31.5 | 10.2 | 10.4 | 57.5 | 125.1 | 2.9 | 4.6 |
| Stdabw. | 10.3 | 45.4 | 5.2 | 3.4 | 4.7 | 28.8 | 22.9 | 3.6 | 3.3 | 55.9 | 89.4 | 1.5 | 2.3 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 750 | 800 | 450 | 400 | 950 | 500 | 600 | 950 | 1350 | 800 | 1250 | 500 | 500 |
| 2 (B) | 500 | 1300 | 900 | 350 | 450 | 550 | 550 | 1000 | 500 | 850 | 1650 | 350 | 450 |
| 3 | 300 | 800 | 850 | 500 | 650 | 800 | 850 | 1000 | 850 | 1250 | 1750 | 500 | 600 |
| 4 | 550 | 300 | 550 | 400 | 350 | 700 | 500 | 850 | 450 | 750 | 600 | 550 | 400 |
| 5 | 450 | 250 | 550 | 350 | 500 | 450 | 550 | 750 | 650 | 600 | 900 | 400 | 350 |
| 6 | 450 | 400 | 700 | 500 | 500 | 650 | 500 | 650 | 600 | 750 | 650 | 450 | 400 |
| 7 | 1150 | 1650 | 600 | 950 | 800 | 750 | 700 | 950 | 800 | 1050 | 1050 | 700 | 400 |
| 8 | 600 | 700 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 850 | 800 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 622 | 778 | 657 | 493 | 600 | 629 | 607 | 879 | 743 | 864 | 1121 | 493 | 443 |
| Stdabw. | 243 | 433 | 155 | 195 | 196 | 122 | 119 | 125 | 282 | 201 | 421 | 105 | 78 |

C H R O M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 135 | 160 | 115 | 20 | 195 | 240 | 100 | 165 | 115 | 265 | 255 | 25 | 40 |
| 2 (B) | 140 | 175 | 130 | 85 | 125 | 335 | 105 | 505 | 165 | 320 | 180 | 55 | 75 |
| 3 | 45 | 155 | 155 | 150 | 120 | 225 | 110 | 365 | 120 | 365 | 140 | 185 | 110 |
| 4 | 65 | 365 | 125 | 165 | 115 | 140 | 80 | 410 | 90 | 195 | 190 | 270 | 75 |
| 5 | 65 | 160 | 135 | 90 | 115 | 250 | 145 | 245 | 135 | 290 | 180 | 65 | 75 |
| 6 | 70 | 215 | 135 | 90 | 115 | 185 | 270 | 430 | 115 | 320 | 160 | 105 | 65 |
| 7 | 105 | 325 | 120 | 100 | 90 | 165 | 100 | 175 | 150 | 450 | 255 | 120 | 115 |
| 8 | 95 | 170 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 80 | 395 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 89 | 234 | 131 | 100 | 125 | 220 | 130 | 328 | 127 | 315 | 194 | 118 | 79 |
| Stdabw. | 31 | 90 | 12 | 44 | 30 | 60 | 60 | 123 | 23 | 74 | 41 | 79 | 24 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 20 | 110 | 45 | 10 | 165 | 125 | 65 | 35 | 100 | 190 | 185 | 5 | 15 |
| 2 (B) | 25 | 130 | 60 | 20 | 70 | 405 | 70 | 75 | 105 | 190 | 170 | 10 | 25 |
| 3 | 20 | 110 | 55 | 35 | 50 | 110 | 65 | 170 | 65 | 185 | 110 | 20 | 30 |
| 4 | 30 | 205 | 60 | 35 | 65 | 95 | 70 | 305 | 45 | 115 | 125 | 25 | 30 |
| 5 | 25 | 100 | 65 | 30 | 65 | 150 | 95 | 115 | 100 | 165 | 120 | 25 | 35 |
| 6 | 25 | 130 | 65 | 35 | 70 | 125 | 140 | 85 | 75 | 165 | 100 | 25 | 30 |
| 7 | 40 | 205 | 55 | 35 | 50 | 80 | 50 | 70 | 65 | 235 | 175 | 30 | 55 |
| 8 | 55 | 115 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 30 | 240 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 30 | 149 | 58 | 29 | 76 | 156 | 79 | 122 | 79 | 178 | 141 | 20 | 31 |
| Stdabw. | 11 | 49 | 6 | 9 | 37 | 104 | 28 | 84 | 21 | 34 | 32 | 8 | 11 |

Q U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 0.2 | 7.8 | 2.0 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 2.8 | 0.4 | 0.1 | 0.6 |
| 2 (B) | 0.3 | 1.1 | 1.1 | 3.5 | 0.4 | 3.2 | 3.2 | 6.1 | 6.1 | 2.5 | 8.8 | 0.7 | 2.4 |
| 3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 7.3 | 0.4 | 0.5 |
| 4 | 0.2 | 0.2 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.9 | 0.9 | 2.1 | 1.2 | 0.3 | 0.4 |
| 5 | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.8 | 0.8 | 1.3 | 2.6 | 0.2 | 0.2 |
| 6 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.7 | 0.7 | 1.2 | 0.8 | 0.3 | 0.2 |
| 7 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.5 | 1.5 | 2.8 | 0.2 | 0.2 |
| 8 | 0.4 | 0.2 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 0.2 | 0.2 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 0.3 | 1.2 | 0.8 | 0.8 | 0.3 | 0.7 | 0.7 | 1.5 | 1.5 | 1.8 | 3.4 | 0.3 | 0.6 |
| Stdabw. | 0.1 | 2.4 | 0.5 | 1.1 | 0.1 | 1.0 | 1.0 | 1.9 | 1.9 | 0.6 | 3.1 | 0.2 | 0.7 |

E I S E N (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (A) | 5100 | 8950 | 4600 | 1200 | 11150 | 7900 | 10350 | 3650 | 8400 | 12400 | 21500 | 1050 | 2000 |
| 2 (B) | 4150 | 6950 | 4700 | 2250 | 5050 | 7450 | 12000 | 7700 | 5300 | 7600 | 19950 | 1700 | 3000 |
| 3 | 2700 | 3700 | 5450 | 3050 | 4800 | 4550 | 7750 | 7550 | 6000 | 8450 | 10150 | 2850 | 3850 |
| 4 | 4550 | 4650 | 4150 | 2700 | 4400 | 4750 | 6400 | 7600 | 4950 | 5650 | 7250 | 3400 | 3600 |
| 5 | 4500 | 3750 | 4750 | 2250 | 4100 | 5450 | 7450 | 5700 | 5950 | 6350 | 10650 | 3050 | 3800 |
| 6 | 5000 | 7050 | 4550 | 4250 | 5650 | 5650 | 6400 | 4700 | 6100 | 7200 | 8300 | 3100 | 3700 |
| 7 | 5650 | 8600 | 4400 | 4450 | 4900 | 5400 | 5950 | 4650 | 4850 | 8050 | 10550 | 3400 | 4250 |
| 8 | 6450 | 7750 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 4200 | 7700 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 4700 | 6567 | 4657 | 2879 | 5721 | 5879 | 8043 | 5936 | 5936 | 7957 | 12621 | 2650 | 3457 |
| Stdabw. | 991 | 1906 | 374 | 1070 | 2262 | 1199 | 2111 | 1556 | 1112 | 2021 | 5269 | 844 | 688 |

Muell Eschwege,2.10.85 ORFA Leibstadt

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1(A) | 65 | 113 | 116 | 116 | 262 | 548 | 490 | 170 | 1165 | 710 | 956 | 88 | 101 |
| 2(B) | 56 | 1833 | 97 | 63 | 116 | 251 | 208 | 110 | 1352 | 494 | 700 | 65 | 90 |
| 3 | 75 | 449 | 100 | 68 | 154 | 192 | 244 | 67 | 668 | 286 | 553 | 53 | 73 |
| 4 | 174 | 752 | 140 | 101 | 123 | 472 | 219 | 67 | 440 | 247 | 436 | 78 | 80 |
| 5 | 88 | 286 | 94 | 70 | 158 | 378 | 236 | 73 | 489 | 238 | 334 | 70 | 81 |
| 6 | 112 | 229 | | | | | | | | | | | |
| 7 | 95 | 212 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 95 | 553 | 109 | 84 | 163 | 368 | 279 | 97 | 807 | 395 | 596 | 71 | 85 |
| Std.abw. | 37 | 557 | 17 | 21 | 52 | 133 | 106 | 41 | 384 | 183 | 217 | 12 | 10 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1(A) | 135 | 554 | 139 | 72 | 666 | 972 | 244 | 301 | 1336 | 820 | 534 | 61 | 54 |
| 2(B) | 50 | 951 | 167 | 87 | 196 | 433 | 204 | 261 | 1192 | 610 | 836 | 79 | 57 |
| 3 | 117 | 826 | 305 | 90 | 246 | 403 | 334 | 318 | 1058 | 534 | 753 | 58 | 55 |
| 4 | 462 | 1943 | 411 | 470 | 1061 | 463 | 284 | 115 | 1414 | 473 | 413 | 58 | 142 |
| 5 | 265 | 3535 | 227 | 190 | 570 | 946 | 476 | 501 | 1620 | 717 | 671 | 82 | 114 |
| 6 | 86 | 1980 | | | | | | | | | | | |
| 7 | 740 | 1603 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 265 | 1627 | 250 | 182 | 548 | 643 | 308 | 299 | 1324 | 631 | 641 | 68 | 84 |
| Std.abw. | 233 | 935 | 99 | 150 | 314 | 259 | 94 | 124 | 192 | 125 | 152 | 11 | 37 |

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1(A) | 12.3 | 4.2 | 16.8 | 13.9 | 13.6 | 4.3 | 3.4 | 59.1 | 26.7 | 6.0 | 3.1 | 9.4 | 4.6 |
| 2(B) | 4.4 | 7.6 | 18.4 | 14.8 | 12.9 | 5.3 | 3.2 | 38.6 | 25.7 | 7.2 | 2.5 | 8.8 | 6.2 |
| 3 | 15.9 | 9.5 | 13.2 | 16.2 | 10.2 | 7.0 | 3.4 | 52.4 | 15.5 | 6.5 | 2.2 | 9.3 | 7.2 |
| 4 | 6.1 | 5.9 | 6.4 | 13.4 | 7.4 | 3.7 | 3.0 | 20.6 | 10.0 | 3.5 | 3.1 | 7.7 | 8.4 |
| 5 | 4.5 | 4.2 | 9.1 | 10.6 | 12.5 | 5.4 | 3.1 | 33.8 | 19.7 | 5.9 | 3.5 | 9.3 | 5.9 |
| 6 | 5.6 | 4.2 | | | | | | | | | | | |
| 7 | 8.0 | 3.3 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 8.1 | 5.6 | 12.8 | 13.8 | 11.3 | 5.1 | 3.2 | 40.9 | 19.5 | 5.8 | 2.9 | 8.9 | 6.5 |
| Std.abw. | 4.1 | 2.1 | 4.5 | 1.9 | 2.3 | 1.1 | 0.2 | 13.6 | 6.3 | 1.2 | 0.5 | 0.6 | 1.3 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1(A) | 450 | 550 | 625 | 325 | 875 | 1075 | 650 | 775 | 1025 | 1025 | 700 | 400 | 225 |
| 2(B) | 200 | 1100 | 475 | 400 | 600 | 700 | 650 | 750 | 1150 | 725 | 900 | 400 | 300 |
| 3 | 375 | 1375 | 600 | 400 | 550 | 550 | 750 | 450 | 1375 | 600 | 700 | 300 | 300 |
| 4 | 475 | 4225 | 525 | 400 | 650 | 600 | 650 | 500 | 1200 | 500 | 800 | 275 | 300 |
| 5 | 500 | 3400 | 825 | 350 | 800 | 900 | 750 | 750 | 1500 | 850 | 700 | 275 | 350 |
| 6 | 375 | 2400 | | | | | | | | | | | |
| 7 | 975 | 2500 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 479 | 2221 | 610 | 375 | 695 | 765 | 690 | 645 | 1250 | 740 | 800 | 330 | 295 |
| Std.abw. | 223 | 1212 | 120 | 32 | 123 | 196 | 49 | 140 | 168 | 185 | 89 | 58 | 40 |

C H R O M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1(A) | 24 | 115 | 75 | 28 | 88 | 115 | 51 | 137 | 129 | 126 | 116 | 36 | 41 |
| 2(B) | 354 | 122 | 88 | 98 | 130 | 106 | 62 | 160 | 158 | 121 | 135 | 165 | 42 |
| 3 | 155 | 76 | 75 | 73 | 132 | 91 | 51 | 162 | 160 | 107 | 134 | 94 | 41 |
| 4 | 56 | 67 | 55 | 72 | 83 | 83 | 44 | 102 | 142 | 58 | 126 | 77 | 42 |
| 5 | 31 | 55 | 33 | 44 | 52 | 76 | 44 | 106 | 118 | 73 | 77 | 46 | 42 |
| 6 | 24 | 80 | | | | | | | | | | | |
| 7 | 52 | 66 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 99 | 83 | 65 | 63 | 97 | 94 | 50 | 133 | 141 | 97 | 118 | 84 | 42 |
| Std.abw. | 112 | 24 | 19 | 24 | 30 | 14 | 7 | 26 | 16 | 27 | 21 | 46 | 0 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1(A) | 18 | 195 | 30 | 18 | 109 | 200 | 86 | 100 | 169 | 211 | 162 | 14 | 13 |
| 2(B) | 14 | 214 | 39 | 24 | 170 | 152 | 90 | 67 | 217 | 164 | 217 | 11 | 17 |
| 3 | 21 | 109 | 45 | 21 | 135 | 146 | 84 | 47 | 242 | 153 | 194 | 11 | 18 |
| 4 | 31 | 111 | 38 | 20 | 85 | 136 | 74 | 52 | 161 | 88 | 200 | 11 | 25 |
| 5 | 26 | 112 | 35 | 20 | 64 | 108 | 66 | 62 | 185 | 98 | 115 | 12 | 23 |
| 6 | 25 | 110 | | | | | | | | | | | |
| 7 | 16 | 142 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 22 | 142 | 37 | 21 | 113 | 148 | 88 | 66 | 195 | 143 | 178 | 12 | 19 |
| Std.abw. | 6 | 41 | 5 | 2 | 37 | 30 | 9 | 19 | 30 | 45 | 36 | 1 | 4 |

Q U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1(A) | 0.1 | 0.1 | 0.8 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.5 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 5.4 | 0.7 |
| 2(B) | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 1.3 | 0.6 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 1.4 | 1.2 | 0.3 |
| 3 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 1.2 | 0.7 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 2.0 | 1.2 | 0.4 |
| 4 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.9 | 0.9 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 1.5 | 3.0 | 0.3 |
| 5 | 0.1 | 3.4 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 2.7 | 1.7 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 3.1 | 0.2 |
| 6 | 0.3 | 0.2 | | | | | | | | | | | |
| 7 | 0.6 | 0.5 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 0.3 | 0.7 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 1.3 | 0.9 | 0.2 | .0 | 0.1 | 1.2 | 2.8 | 0.4 |
| Std.abw. | 0.2 | 1.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.7 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | .0 | 0.6 | 1.5 | 0.2 |

E I S E N (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Messer | Hammer | trocken | S1 | S2 | S3 | S4 | W1 | W2 | W3 | W4 | L1 | L2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1(A) | 3350 | 8550 | 4250 | 4100 | 7050 | 8600 | 7850 | 5200 | 13000 | 7400 | 9800 | 2400 | 3500 |
| 2(B) | 2350 | 6700 | 4050 | 3000 | 5500 | 7900 | 7150 | 4200 | 10250 | 7750 | 11000 | 2100 | 3150 |
| 3 | 4100 | 9850 | 5200 | 3000 | 5500 | 6550 | 7800 | 3550 | 11000 | 6400 | 9400 | 2500 | 3150 |
| 4 | 3500 | 7400 | 4400 | 2750 | 5500 | 6600 | 7400 | 3800 | 8600 | 5300 | 9550 | 2500 | 3150 |
| 5 | 4500 | 9850 | 4400 | 3750 | 5500 | 6600 | 8200 | 4050 | 9000 | 5400 | 8650 | 2500 | 3500 |
| 6 | 5750 | 7650 | | | | | | | | | | | |
| 7 | 3450 | 10500 | | | | | | | | | | | |
| Mittel | 3857 | 8643 | 4620 | 3320 | 5810 | 7070 | 7680 | 4160 | 10370 | 6450 | 9520 | 2400 | 3290 |
| Std.abw. | 991 | 1346 | 353 | 514 | 620 | 782 | 367 | 565 | 1571 | 1002 | 804 | 155 | 171 |

## WASSERGEHALT (%)

ORFA 07.12.84
Gemeinden

| Zeit | Messer | Hammer |
|---|---|---|
| 0 | 19.4 | 23.5 |
| 30 | 23.8 | 34.2 |
| 60 | 26.3 | 29.5 |
| 90 | 24.2 | 29.7 |
| 120 | 25.2 | 29.5 |
| Mittelw. | 23.8 | 29.3 |
| Std.abw. | 2.4 | 3.4 |

ORFA 13.2.85
Nussbaumen

| Zeit | Messer | Hammer |
|---|---|---|
| 0 | 43.2 | 43.7 |
| 30 | 21.2 | 24.3 |
| 60 | 23.6 | 27.9 |
| 90 | 27.3 | 27.8 |
| 120 | 25.1 | 20.4 |
| Mittelw. | 28.1 | 28.8 |
| Std.abw. | 7.8 | 7.9 |

ORFA 7.3.85
Gemeinden

| Zeit | Messer | Hammer |
|---|---|---|
| 0 | 22.5 | 27.7 |
| 30 | 12.6 | 27.8 |
| 60 | 31.1 | 24.3 |
| 90 | 18.8 | 21.8 |
| 120 | 18.8 | 17.6 |
| Mittelw. | 20.8 | 23.8 |
| Std.abw. | 6.1 | 3.8 |

ORFA 7.5.85
Nussbaumen

| Zeit | Messer | Hammer |
|---|---|---|
| 0 | 21.2 | 22.7 |
| 30 | 15.1 | 11.3 |
| 60 | 28.7 | 34.6 |
| 90 | 10.1 | 45.2 |
| 120 | 19.7 | 20.3 |
| Mittelw. | 19.0 | 26.8 |
| Std.abw. | 6.2 | 11.8 |

ORFA Juli 1985
ERDING

| | Messer H2O | Hammer (%) |
|---|---|---|
| 1(A) | 43.3 | 29.8 |
| 2(B) | n.b. | 23.9 |
| 3 | 41.7 | 30.7 |
| 4 | 40.6 | 27.7 |
| 5 | 29.2 | 31.5 |
| 6 | 38.6 | 29.3 |
| 7 | 40.4 | 25.0 |
| 8 | 41.7 | 27.8 |
| 9 | 41.2 | 29.8 |
| Mittel | 39.6 | 28.4 |
| dto. ohne | 41.1 | |
| Std.abw. | 13.0 | 2.4 |

ORFA Juli 1985
MUENCHEN

| | Messer H2O | Hammer (%) |
|---|---|---|
| 1(A) | 17.5 | 19.5 |
| 2(B) | 29.4 | 24.6 |
| 3 | 31.0 | 26.1 |
| 4 | 33.9 | 22.9 |
| 5 | 25.6 | 19.6 |
| 6 | 29.5 | 24.2 |
| 7 | 30.5 | 21.1 |
| 8 | 19.0 | 15.5 |
| 9 | 22.9 | 24.6 |
| Mittel | 26.6 | 22.0 |
| Std.abw. | 5.4 | 3.2 |

ORFA 2.10.85
ESCHWEGE

| | Messer H2O | Hammer (%) |
|---|---|---|
| 1(A) | 24.2 | 21.5 |
| 2(B) | 23.9 | 20.1 |
| 3 | 29.3 | 30.3 |
| 4 | 24.2 | 24.2 |
| 5 | 42.6 | 34.3 |
| 6 | 39.1 | 26.7 |
| 7 | 34.6 | 28.7 |
| Mittel | 31.1 | 26.5 |
| Std.abw. | 7.2 | 4.7 |

DÜSSLINGEN, 24.10.1985 Probenahme im halbstündigen Turnus (Beginn 8.30

Wassergehalt (%)

| Proben-nummer | < 100mm | < 60mm | < 20mm | < 10mm | 10-60mm | 60-100mm | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 43.6 | 40.5 | 40.2 | 41.0 | 40.8 | 41.9 | 41.4 | 41.5 |
| 2 | 41.0 | 43.9 | 41.6 | 39.2 | 41.4 | 31.9 | 30.3 | 22.7 |
| 3 | 39.2 | 38.3 | 42.3 | 38.1 | 42.1 | 49.9 | 30.5 | 34.5 |
| 4 | 40.0 | 38.6 | 42.6 | 40.0 | 41.1 | 30.6 | 28.2 | 32.0 |
| 5 | 38.9 | 46.2 | 46.4 | 43.8 | 43.8 | 38.6 | 37.4 | 24.1 |
| Mittel | 40.5 | 41.5 | 42.6 | 40.4 | 41.8 | 38.6 | 33.6 | 31.0 |
| Std.abw. | 1.7 | 3.1 | 2.1 | 1.9 | 1.1 | 7.0 | 5.0 | 6.9 |

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100mm | < 60mm | < 20mm | < 10mm | 10-60mm | 60-100mm | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 177 | 86 | 65 | 135 | 59 | 57 | 71 | 80 |
| 2 | 114 | 163 | 108 | 125 | 123 | 182 | 90 | 51 |
| 3 | 715 | 209 | 109 | 196 | 80 | 127 | 224 | 182 |
| 4 | 85 | 125 | 238 | 438 | 1197 | 417 | 201 | 139 |
| 5 | 195 | 132 | 600 | 207 | 102 | 106 | 148 | 2265 |
| Mittel | 257 | 143 | 224 | 220 | 312 | 178 | 147 | 543 |
| Std.abw. | 232 | 41 | 197 | 114 | 443 | 126 | 60 | 862 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100mm | < 60mm | < 20mm | < 10mm | 10-60mm | 60-100mm | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 575 | 179 | 312 | 148 | 403 | 67 | 348 | 59 |
| 2 | 327 | 308 | 385 | 84 | 150 | 44 | 859 | 51 |
| 3 | 60 | 195 | 115 | 476 | 44 | 196 | 669 | 1145 |
| 4 | 72 | 195 | 108 | 405 | 100 | 1642 | 1556 | 81 * |
| 5 | 490 | 963 | 1245 | 661 | 50 | 1019 | 1047 | 148 |
| Mittel | 305 | 368 | 433 | 355 | 149 | 594 | 896 | 297 |
| Std.abw. | 211 | 301 | 420 | 213 | 132 | 635 | 403 | 425 |

* 97.0 g massives Cu ausgelesen

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100mm | < 60mm | < 20mm | < 10mm | 10-60mm | 60-100mm | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.2 | 2.9 | 3.4 | 4.1 | 13.9 | 1.6 | 6.3 | 5.1 |
| 2 | 2.5 | 6.5 | 8.0 | 4.2 | 4.8 | 1.7 | 18.6 | 3.1 |
| 3 | 3.7 | 3.5 | 4.1 | 4.2 | 2.9 | 4.9 | 5.3 | 2.4 |
| 4 | 6.0 | 3.6 | 4.3 | 5.2 | 6.2 | 6.1 | 1.2 | 2.1 |
| 5 | 3.7 | 3.2 | 4.7 | 4.2 | 7.1 | 1.6 | 4.7 | 2.2 |
| Mittel | 4.0 | 3.9 | 4.9 | 4.4 | 7.0 | 3.2 | 7.2 | 3.0 |
| Std.abw. | 1.1 | 1.3 | 1.6 | 0.4 | 3.7 | 1.9 | 5.9 | 1.1 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100µm | 60µm | < 20µm | < 10µm | 10-60µm | 60-100µm | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 280 | 280 | 260 | 430 | 480 | 370 | 660 | 370 |
| 2 | 300 | 280 | 320 | 440 | 260 | 280 | 710 | 230 |
| 3 | 370 | 320 | 360 | 460 | 190 | 250 | 400 | 800 |
| 4 | 560 | 360 | 530 | 540 | 660 | 6150 | 2150 | 540 |
| 5 | 710 | 770 | 1290 | 750 | 370 | 1980 | 1510 | 470 |
| Mittel | 444 | 482 | 552 | 524 | 392 | 1790 | 1086 | 482 |
| Std.abw. | 166 | 186 | 380 | 119 | 166 | 2267 | 649 | 190 |

C H R O M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100µm | < 60µm | < 20µm | < 10µm | 10-60µm | 60-100µm | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 40 | 48 | 67 | 42 | 32 | 31 | 22 | 31 |
| 2 | 30 | 36 | 44 | 46 | 58 | 46 | 18 | 44 |
| 3 | 52 | 52 | 38 | 48 | 40 | 45 | 90 | 42 |
| 4 | 67 | 50 | 38 | 40 | 52 | 17 | 82 | 112 |
| 5 | 48 | 46 | 34 | 40 | 34 | 19 | 50 | 28 |
| Mittel | 47 | 46 | 44 | 43 | 43 | 32 | 52 | 51 |
| Std.abw. | 12 | 6 | 12 | 3 | 10 | 12 | 30 | 31 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100µm | < 60µm | < 20µm | < 10µm | 10-60µm | 60-100µm | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 45 | 56 | 97 | 60 | 56 | 12 | 16 | 14 |
| 2 | 43 | 48 | 58 | 59 | 77 | 9 | 17 | 15 |
| 3 | 62 | 60 | 49 | 63 | 79 | 17 | 24 | 43 |
| 4 | 43 | 61 | 48 | 51 | 59 | 46 | 717 | 17 |
| 5 | 43 | 52 | 56 | 50 | 44 | 14 | 439 | 19 |
| Mittel | 47 | 55 | 62 | 50 | 63 | 20 | 243 | 22 |
| Std.abw. | 7 | 5 | 18 | 4 | 13 | 13 | 288 | 11 |

Q U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100µm | < 60µm | < 20µm | < 10µm | 10-60µm | 60-100µm | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.6 |
| 2 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.3 |
| 3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.4 |
| 4 | 0.5 | 0.6 | 1.7 | 0.8 | 0.8 | 0.5 | 0.1 | 0.4 |
| 5 | 0.2 | 0.1 | 0.4 | 0.0 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Mittel | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.4 |
| Std.abw. | 0.2 | 0.2 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |

E I S E N AAS (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100mm | < 60mm | < 20mm | < 10mm | 10-60mm | 60-100mm | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8230 | 5740 | 8320 | 12300 | 6670 | 2440 | 3570 | 3560 |
| 2 | 5260 | 9000 | 8790 | 9030 | 5350 | 1910 | 2840 | 2690 |
| 3 | 6650 | 8040 | 9160 | 9400 | 6580 | 2010 | 1190 | 6490 |
| 4 | 7730 | 8010 | 9420 | 11020 | 7930 | 3170 | 2660 | 2700 |
| 5 | 11180 | 7660 | 11200 | 11600 | 5950 | 1390 | 1590 | 4480 |
| Mittel | 7810 | 7690 | 9378 | 10670 | 6496 | 2184 | 2370 | 3984 |
| Std.abw. | 1969 | 1072 | 983 | 1261 | 861 | 596 | 866 | 1416 |

E I S E N ausgelesen (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100mm | < 60mm | < 20mm | < 10mm | 10-60mm | 60-100mm | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3540 | 8750 | 2690 | 11620 | 10350 | 5020 | 0 | 23180 |
| 2 | 3910 | 4540 | 5800 | 4450 | 12360 | 4590 | 0 | 950 |
| 3 | 4670 | 8030 | 2230 | 6170 | 11530 | 3320 | 0 | 49680 |
| 4 | 2060 | 9570 | 2170 | 13220 | 9600 | 430 | 0 | 102820 |
| 5 | 4920 | 12230 | 3800 | 6200 | 11160 | 0 | 0 | 21930 |
| Mittel | 3820 | 8624 | 3338 | 8332 | 11000 | 2672 | 0 | 39712 |
| Std.abw. | 1012 | 2488 | 1363 | 3435 | 953 | 2087 | 0 | 35140 |

E I S E N gesamt (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100mm | < 60mm | < 20mm | < 10mm | 10-60mm | 60-100mm | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 11770 | 14490 | 11010 | 23920 | 17020 | 7460 | 3570 | 26740 |
| 2 | 9170 | 13540 | 14590 | 13480 | 17710 | 6500 | 2840 | 3640 |
| 3 | 11320 | 16070 | 11390 | 15570 | 18110 | 5330 | 1190 | 56170 |
| 4 | 9790 | 17580 | 11590 | 24240 | 17530 | 3600 | 2660 | 105520 |
| 5 | 16100 | 19890 | 15000 | 17800 | 17110 | 1390 | 1590 | 26410 |
| Mittel | 11630 | 16314 | 12716 | 19002 | 17496 | 4856 | 2370 | 43696 |
| Std.abw. | 2430 | 2257 | 1713 | 4367 | 400 | 2159 | 866 | 35124 |

Ewslingen, Probenahme Feinaufbereitung, 15.11.85
Muell vom 26.8.85

Wassergehalt (%)

| Proben-nummer | Kompost K.besch | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hartst. | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 22.1 | 11.0 | 30.6 | 4.6 | 35.2 |
| 2 | 17.6 | 8.6 | 30.8 | 6.9 | 31.7 |
| 3 | 19.0 | 7.9 | 27.9 | 5.7 | 30.4 |
| 4 | 16.4 | 7.4 | 28.6 | 3.9 | 29.7 |
| 5 | 17.4 | 6.7 | 28.8 | 6.4 | 29.2 |
| Mittel | 18.5 | 8.3 | 29.3 | 5.5 | 31.2 |
| Std.abw. | 2.0 | 1.5 | 1.2 | 1.1 | 2.2 |

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost K.besch | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hartst. | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 114 | 147 | 195 | 1139 | 270 |
| 2 | 165 | 35 | 200 | 853 | 216 |
| 3 | 159 | 41 | 444 | 1091 | 212 |
| 4 | 106 | 467 | 521 | 444 | 213 |
| 5 | 157 | 36 | 199 | 1388 | 237 |
| Mittel | 140 | 145 | 312 | 983 | 230 |
| Std.abw. | 25 | 166 | 141 | 319 | 22 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost K.besch | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hartst. | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6831 | 2395 | 395 | 253 | 265 |
| 2 | 1735 | 465 | 233 | 1823 | 210 |
| 3 | 4619 | 41 | 185 | 834 | 218 |
| 4 | 254 | 213 | 147 | 452 | 162 |
| 5 | 100 | 175 | 186 | 281 | 186 |
| Mittel | 2708 | 658 | 229 | 729 | 208 |
| Std.abw. | 2624 | 879 | 87 | 585 | 35 |

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost K.besch | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hartst. | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.9 | 1.9 | 3.7 | 2.8 | 4.1 |
| 2 | 13.1 | 1.6 | 3.3 | 2.1 | 3.7 |
| 3 | 5.5 | 2.6 | 3.6 | 1.9 | 3.4 |
| 4 | 2.3 | 2.4 | 3.4 | 1.9 | 3.5 |
| 5 | 2.0 | 7.9 | 3.5 | 2.0 | 3.9 |
| Mittel | 5.2 | 3.3 | 3.5 | 2.1 | 3.7 |
| Std.abw. | 4.2 | 2.3 | 0.1 | 0.3 | 0.3 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost K.besch | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hartst. | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2050 | 1380 | 850 | 600 | 1000 |
| 2 | 660 | 230 | 1000 | 1590 | 970 |
| 3 | 2520 | 150 | 860 | 540 | 1000 |
| 4 | 440 | 310 | 960 | 500 | 910 |
| 5 | 400 | 110 | 1020 | 1010 | 920 |
| Mittel | 1214 | 436 | 938 | 848 | 976 |
| Std.abw. | 891 | 477 | 71 | 413 | 62 |

C H R O M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost K.besch | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hartst. | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 65 | 97 | 34 | 97 | 28 |
| 2 | 51 | 102 | 37 | 85 | 37 |
| 3 | 46 | 110 | 31 | 80 | 42 |
| 4 | 79 | 105 | 30 | 100 | 34 |
| 5 | 48 | 121 | 33 | 90 | 29 |
| Mittel | 58 | 107 | 31 | 88 | 34 |
| Std.abw. | 13 | 8 | 2 | 8 | 5 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost K.besch | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hartst. | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 61 | 114 | 66 | 124 | 49 |
| 2 | 78 | 117 | 64 | 129 | 55 |
| 3 | 72 | 138 | 57 | 109 | 50 |
| 4 | 76 | 121 | 70 | 149 | 50 |
| 5 | 59 | 150 | 77 | 120 | 49 |
| Mittel | 69 | 128 | 67 | 126 | 51 |
| Std.abw. | 8 | 14 | 7 | 13 | 2 |

Q U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost K.besch | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hartst. | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.2 | 0.1 | 0.7 | 0.3 | 3.9 |
| 2 | 0.3 | 0.2 | 2.6 | 4.2 | 1.7 |
| 3 | 0.1 | 0.3 | 1.3 | 0.3 | 2.2 |
| 4 | 1.0 | 0.3 | 5.5 | 0.2 | 3.4 |
| 5 | 0.8 | 0.1 | 3.3 | 10.0 | 1.6 |
| Mittel | 0.5 | 0.2 | 2.9 | 3.8 | 2.8 |
| Std.abw. | 0.4 | 0.1 | 1.5 | 3.8 | 0.9 |

E I S E N (Angaben in mg/kg Trockensubstanz.

| Proben-nummer | Kompost K.besch | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hartst. | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 13400 | 8830 | 19700 | 22100 | 18300 |
| 2 | 11900 | 7430 | 19600 | 24700 | 18900 |
| 3 | 15000 | 5900 | 19300 | 23100 | 19300 |
| 4 | 16100 | 7760 | 21800 | 22200 | 18600 |
| 5 | 13500 | 7670 | 19900 | 20200 | 20000 |
| Mittel | 13980 | 7518 | 20060 | 22460 | 19020 |
| Std.abw. | 1444 | 941 | 891 | 1465 | 591 |

Dusslingen, 17.1.86 Probenahme in halbst. Turnus (Beginn 8.00)

Wassergehalt in %

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 a | < 20 b | 20 - 60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 41.4 | 42.9 | 38.0 | 39.4 | 40.9 | 38.4 | 33.7 | 31.7 |
| 2 | 45.1 | 39.2 | 42.4 | 42.8 | 44.5 | 38.2 | 34.4 | 34.9 |
| 3 | 42.1 | 34.1 | 36.2 | 39.9 | 43.2 | 31.9 | 37.2 | 35.9 |
| 4 | 46.4 | 38.7 | 38.1 | 39.1 | 41.6 | 39.5 | 41.7 | 38.8 |
| 5 | 42.6 | 37.3 | 37.3 | 39.6 | 43.6 | 30.4 | 38.1 | 37.1 |
| 6 | 35.8 | 35.7 | 31.0 | 32.9 | 40.8 | 33.2 | 35.5 | 32.0 |
| 7 | 38.4 | 42.6 | 39.4 | 40.1 | 44.2 | 30.4 | 27.1 | 44.6 |
| Mittel | 41.7 | 38.6 | 37.5 | 39.1 | 42.7 | 33.4 | 34.2 | 36.4 |
| Stdabw. | 3.4 | 3.1 | 3.2 | 2.8 | 1.4 | 3.6 | 4.4 | 4.1 |

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 a | < 20 b | 20 - 60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 229 | 576 | 536 | 746 | 291 | 33422 | 66 | 128 |
| 2 | 280 | 394 | 667 | 465 | 647 | 1534 | 115 | 40 |
| 3 | 1055 | 7062 | 445 | 834 | 642 | 119 | 54 | 33 |
| 4 | 873 | 1544 | 617 | 844 | 465 | 143 | 263 | 47 |
| 5 | 373 | 322 | 342 | 322 | 637 | 94 | 55 | 55 |
| 6 | 44 | 843 | 260 | 176 | 424 | 92 | 46 | 64 |
| 7 | 229 | 2522 | 950 | 863 | 270 | 863 | 53 | 40 |
| Mittel | 440 | 1895 | 545 | 607 | 482 | 5181 | 93 | 58 |
| Stdabw. | 347 | 2229 | 213 | 262 | 152 | 11540 | 73 | 38 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 a | < 20 b | 20 - 60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 250 | 117 | 3285 | 228 | 182 | 82 | 1640 | 2053 |
| 2 | 755 | 118 | 10075 | 155 | 4008 | 38 | 132 | 171 |
| 3 | 204 | 187 | 576 | 187 | 470 | 53 | 983 | 31 |
| 4 | 67 | 7875 | 647 | 623 | 5575 | 5237 | 99 | 159 |
| 5 | 901 | 1014 | 285 | 320 | 755 | 308 | 173 | 32 |
| 6 | 671 | 647 | 78 | 239 | 77 | 2246 | 118 | 470 |
| 7 | 1793 | 5838 | 815 | 3326 | 366 | 228 | 130 | 22 |
| Mittel | 663 | 2257 | 2240 | 714 | 1633 | 1170 | 455 | 420 |
| Stdabw. | 545 | 2975 | 3352 | 1078 | 2051 | 1814 | 553 | 682 |

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 a | < 20 b | 20 - 60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.8 | 4.0 | 3.2 | 5.6 | 3.4 | 3.1 | 3.0 | 2.8 |
| 2 | 1.5 | 4.3 | 4.1 | 2.4 | 6.4 | 1.9 | 4.0 | 0.9 |
| 3 | 2.2 | 1.4 | 2.5 | 2.3 | 2.2 | 1.9 | 1.3 | 5.1 |
| 4 | 1.6 | 3.3 | 3.5 | 2.2 | 13.4 | 3.5 | 1.0 | 2.2 |
| 5 | 2.3 | 2.9 | 2.6 | 2.8 | 3.2 | 1.6 | 4.1 | 4.3 |
| 6 | 1.4 | 5.8 | 1.5 | 2.7 | 3.1 | 24.0 | 0.8 | 5.1 |
| 7 | 7.0 | 4.6 | 2.9 | 5.3 | 8.3 | 1.5 | 4.0 | 1.5 |
| Mittel | 2.5 | 3.8 | 2.9 | 3.3 | 5.7 | 5.4 | 2.6 | 3.1 |
| Stdabw. | 1.8 | 1.3 | 0.8 | 1.4 | 3.7 | 7.6 | 1.4 | 1.6 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 a | < 20 b | 20 - 60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 280 | 260 | 2050 | 440 | 280 | 420 | 3250 | 4780 |
| 2 | 680 | 310 | 5640 | 550 | 9650 | 320 | 560 | 1620 |
| 3 | 660 | 220 | 630 | 380 | 1290 | 340 | 1500 | 320 |
| 4 | 600 | 5300 | 310 | 420 | 270 | 2810 | 500 | 730 |
| 5 | 4370 | 770 | 460 | 380 | 670 | 350 | 340 | 290 |
| 6 | 280 | 500 | 210 | 340 | 180 | 220 | 580 | 24620 |
| 7 | 1200 | 2700 | 1940 | 1640 | 650 | 340 | 900 | 1140 |
| Mittel | 1153 | 1437 | 1606 | 593 | 1856 | 686 | 1090 | 4786 |
| Stdabw. | 1344 | 1772 | 1792 | 432 | 3201 | 869 | 950 | 8223 |

C H R O M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 a | < 20 b | 20 - 60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 105 | 123 | 418 | 144 | 125 | 62 | 18 | 158 |
| 2 | 99 | 177 | 327 | 158 | 135 | 38 | 32 | 40 |
| 3 | 146 | 119 | 216 | 169 | 115 | 28 | 30 | 257 |
| 4 | 69 | 153 | 220 | 140 | 167 | 31 | 24 | 96 |
| 5 | 26 | 143 | 192 | 170 | 201 | 44 | 15 | 72 |
| 6 | 12 | 141 | 222 | 186 | 200 | 84 | 21 | 24 |
| 7 | 15 | 184 | 240 | 174 | 172 | 38 | 23 | 30 |
| Mittel | 67 | 149 | 262 | 163 | 159 | 46 | 23 | 97 |
| Stdabw. | 48 | 23 | 75 | 15 | 32 | 18 | 6 | 78 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 a | < 20 b | 20 - 60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 62 | 83 | 244 | 119 | 75 | 75 | 15 | 20 |
| 2 | 71 | 99 | 264 | 120 | 79 | 37 | 23 | 14 |
| 3 | 79 | 91 | 139 | 111 | 62 | 29 | 30 | 23 |
| 4 | 54 | 151 | 166 | 111 | 103 | 2500 | 16 | 19 |
| 5 | 38 | 107 | 147 | 120 | 95 | 127 | 13 | 22 |
| 6 | 30 | 115 | 200 | 151 | 127 | 42 | 17 | 197 |
| 7 | 74 | 236 | 162 | 135 | 143 | 17 | 18 | 20 |
| Mittel | 58 | 126 | 189 | 124 | 98 | 404 | 19 | 45 |
| Stdabw. | 17 | 49 | 45 | 13 | 27 | 856 | 5 | 62 |

Q U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 a | < 20 b | 20 - 60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.1 | 0.5 | 0.1 | 1.0 | 0.2 | 0.5 | 0.3 | 0.1 |
| 2 | 0.5 | 1.1 | 0.0 | 0.3 | 1.0 | 0.3 | 0.3 | 0.1 |
| 3 | 0.3 | 0.7 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.1 |
| 4 | 0.2 | 0.3 | 1.8 | 0.9 | 0.2 | 2.2 | 0.3 | 0.2 |
| 5 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.2 |
| 6 | 0.1 | 0.4 | 0.7 | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 0.2 |
| 7 | 0.6 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.5 |
| Mittel | 0.3 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.2 |
| Stdabw. | 0.2 | 0.3 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.7 | 0.1 | 0.1 |

E I S E N (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 a | < 20 b | 20 - 60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 11490 | 7200 | 11480 | 9390 | 5000 | 4900 | 2180 | 5740 |
| 2 | 7040 | 7580 | 9010 | 11350 | 15650 | 2680 | 2560 | 2550 |
| 3 | 8760 | 6070 | 8200 | 11410 | 7760 | 16150 | 2760 | 3720 |
| 4 | 6750 | 7700 | 11500 | 13500 | 16890 | 2210 | 3180 | 28450 |
| 5 | 7160 | 10860 | 11100 | 8510 | 14250 | 4100 | 2180 | 3310 |
| 6 | 11470 | 5000 | 16150 | 13440 | 15770 | 2120 | 1780 | 8260 |
| 7 | 7280 | 11220 | 8700 | 9700 | 7640 | 2810 | 1640 | 43160 |
| Mittel | 8564 | 7844 | 10877 | 11043 | 11851 | 4996 | 2326 | 13599 |
| Stdabw. | 1938 | 1998 | 2507 | 1811 | 4509 | 4651 | 505 | 14688 |

Jusslingen, 19.1.86 Probenahme Feinaufbereitung
Muell vom 17.-21.1.86

Wassergehalt (%)

| Proben-nummer | Kompost Kastenb. | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hart-stoffe | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 21.7 | 10.3 | 37.8 | 13.6 | 39.6 |
| 2 | 24.8 | 13.9 | 40.9 | 15.8 | 39.4 |
| 3 | 23.6 | 14.0 | 35.9 | 15.3 | 38.0 |
| 4 | 24.2 | 10.9 | 37.8 | 14.6 | 36.5 |
| 5 | 22.8 | 10.4 | 38.6 | 9.7 | 38.5 |
| Mittel | 23.4 | 11.9 | 38.2 | 13.8 | 38.4 |
| Stdabw. | 1.1 | 1.7 | 1.6 | 2.2 | 1.1 |

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost Kastenb. | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hart-stoffe | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1058 | 486 | 503 | 538 | 625 |
| 2 | 286 | 160 | 954 | 963 | 648 |
| 3 | 331 | 3685 | 768 | 648 | 534 |
| 4 | 349 | 233 | 945 | 763 | 521 |
| 5 | 313 | 1112 | 694 | 1303 | 552 |
| Mittel | 467 | 1119 | 773 | 841 | 576 |
| Stdabw. | 296 | 1326 | 168 | 271 | 51 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost Kastenb. | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hart-stoffe | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 376 | 880 | 903 | 532 | 211 |
| 2 | 370 | 275 | 276 | 714 | 195 |
| 3 | 830 | 3055 | 273 | 496 | 210 |
| 4 | 466 | 295 | 188 | 965 | 187 |
| 5 | 842 | 675 | 284 | 690 | 195 |
| Mittel | 577 | 1036 | 369 | 679 | 200 |
| Stdabw. | 214 | 1035 | 269 | 166 | 9 |

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost Kastenb. | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hart-stoffe | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.1 | 5.0 | 2.7 | 2.1 | 3.2 |
| 2 | 7.2 | 2.1 | 3.1 | 2.3 | 3.7 |
| 3 | 4.8 | 3.3 | 3.5 | 1.7 | 3.2 |
| 4 | 2.4 | 1.8 | 3.3 | 2.0 | 2.9 |
| 5 | 4.1 | 7.3 | 4.3 | 1.8 | 3.3 |
| Mittel | 4.3 | 3.9 | 3.4 | 2.0 | 3.3 |
| Stdabw. | 1.7 | 2.0 | 0.5 | 0.2 | 0.3 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost Kastenb. | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hart-stoffe | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5250 | 280 | 910 | 370 | 910 |
| 2 | 710 | 180 | 970 | 640 | 1000 |
| 3 | 20940 | 210 | 840 | 510 | 950 |
| 4 | 1030 | 205 | 830 | 730 | 850 |
| 5 | 600 | 735 | 1020 | 800 | 960 |
| Mittel | 5706 | 322 | 914 | 610 | 934 |
| Stdabw. | 7813 | 209 | 73 | 154 | 51 |

C H R O M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost Kastenb. | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hart-stoffe | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 245 | 573 | 174 | 300 | 84 |
| 2 | 251 | 577 | 183 | 343 | 128 |
| 3 | 278 | 524 | 192 | 342 | 100 |
| 4 | 226 | 537 | 118 | 327 | 116 |
| 5 | 245 | 637 | 137 | 390 | 109 |
| Mittel | 249 | 570 | 161 | 340 | 107 |
| Stdabw. | 17 | 39 | 28 | 29 | 15 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost Kastenb. | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hart-stoffe | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 166 | 294 | 130 | 209 | 71 |
| 2 | 156 | 297 | 135 | 255 | 105 |
| 3 | 292 | 243 | 183 | 250 | 88 |
| 4 | 283 | 271 | 105 | 254 | 92 |
| 5 | 285 | 263 | 126 | 325 | 88 |
| Mittel | 208 | 274 | 136 | 259 | 89 |
| Stdabw. | 48 | 20 | 26 | 37 | 11 |

Q U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost Kastenb. | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hart-stoffe | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.4 | 0.3 | 1.7 | 0.7 | 2.0 |
| 2 | 2.1 | 0.4 | 1.8 | 0.9 | 2.0 |
| 3 | 2.9 | 0.4 | 1.6 | 0.8 | 2.6 |
| 4 | 1.2 | 0.4 | 1.8 | 3.2 | 2.5 |
| 5 | 1.0 | 0.5 | 2.0 | 0.8 | 2.1 |
| Mittel | 1.9 | 0.4 | 1.8 | 1.3 | 2.2 |
| Stdabw. | 0.7 | 0.1 | 0.1 | 1.0 | 0.3 |

E I S E N (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost Kastenb. | Sieb-rest | Komp.n. Siebung | Hart-stoffe | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 18180 | 4850 | 12920 | 7850 | 13770 |
| 2 | 20460 | 13380 | 13000 | 10840 | 14840 |
| 3 | 50870 | 14560 | 14210 | 10440 | 14750 |
| 4 | 53510 | 6470 | 12270 | 11870 | 12760 |
| 5 | 20430 | 7210 | 15030 | 11470 | 15480 |
| Mittel | 32690 | 9294 | 13486 | 10494 | 14304 |
| Stdabw. | 15965 | 3911 | 994 | 1411 | 933 |

Dusslingen,Probenahme Verfahrenshalle 27.5.86 halbstuendig (Beginn 8.30)

Wassergehalt in %

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 | 20-60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 41.4 | 42.1 | 43.7 | 42.0 | 29.4 | 34.9 | 17.3 |
| 2 | 36.6 | 39.0 | 39.6 | 42.5 | 33.5 | 30.4 | 27.8 |
| 3 | 39.8 | 40.3 | 40.3 | 42.1 | 38.3 | 34.8 | 32.5 |
| 4 | 43.3 | 44.1 | 42.3 | 42.4 | 40.2 | 33.1 | 24.7 |
| 5 | 37.0 | 43.4 | 46.6 | 45.0 | 39.8 | 39.0 | 21.9 |
| 6 | 42.2 | 43.3 | 45.3 | 45.3 | 30.2 | 36.8 | 28.1 |
| 7 | 37.0 | 37.6 | 43.7 | 45.7 | 25.4 | 32.9 | 24.1 |
| Mittel | 39.6 | 41.4 | 44.2 | 43.6 | 33.7 | 34.6 | 25.2 |
| Std.abw. | 2.6 | 2.3 | 2.6 | 1.5 | 5.2 | 2.6 | 4.5 |

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 | 20-60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 198 | 135 | 185 | 93 | 80 | 162 | 180 |
| 2 | 125 | 868 | 248 | 80 | 86 | 119 | 505 |
| 3 | 199 | 143 | 143 | 80 | 137 | 68 | 66 |
| 4 | 303 | 146 | 173 | 479 | 63 | 42 | 126 |
| 5 | 202 | 186 | 126 | 614 | 79 | 142 | 250 |
| 6 | 128 | 100 | 107 | 143 | 100 | 104 | 81 |
| 7 | 84 | 178 | 295 | 107 | 66 | 53 | 73 |
| Mittel | 177 | 251 | 182 | 228 | 98 | 98 | 183 |
| Std.abw. | 67 | 253 | 63 | 206 | 40 | 42 | 145 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 | 20-60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 67 | 1895 | 2785 | 490 | 335 | 43 | 555 |
| 2 | 415 | 10840 | 640 | 73 | 67 | 3955 | 157 |
| 3 | 117 | 3135 | 137 | 47 | 910 | 223 | 44 |
| 4 | 60 | 290 | 113 | 191 | 86 | 625 | 58 |
| 5 | 126 | 107 | 1580 | 1200 | 144 | 60 | 114 |
| 6 | 74 | 85 | 345 | 138 | 2885 | 189 | 69 |
| 7 | 59 | 48 | 125 | 76 | 275 | 49 | 31 |
| Mittel | 131 | 2343 | 818 | 316 | 672 | 735 | 147 |
| Std.abw. | 119 | 3637 | 937 | 387 | 942 | 1328 | 171 |

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 | 20-60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.9 | 1.8 | 2.2 | 1.9 | 5.0 | 17.2 | 19.5 |
| 2 | 2.5 | 5.4 | 2.4 | 1.7 | 2.2 | 4.8 | 5.6 |
| 3 | 1.8 | 2.1 | 2.4 | 2.0 | 5.7 | 8.1 | 14.4 |
| 4 | 2.3 | 2.0 | 2.1 | 2.1 | 1.2 | 2.2 | 9.8 |
| 5 | 2.6 | 1.8 | 2.2 | 6.6 | 5.0 | 1.1 | 2.1 |
| 6 | 2.0 | 2.1 | 5.0 | 1.7 | 2.6 | 2.4 | 3.8 |
| 7 | 4.6 | 2.4 | 2.7 | 2.4 | 1.3 | 5.7 | 9.4 |
| Mittel | 2.7 | 2.5 | 2.7 | 2.6 | 3.3 | 5.9 | 9.8 |
| Std.abw. | 0.9 | 1.2 | 1.0 | 1.6 | 1.8 | 5.1 | 5.8 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 | 20-60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 490 | 375 | 1710 | 238 | 415 | 755 | 1215 |
| 2 | 475 | 10800 | 445 | 240 | 405 | 860 | 300 |
| 3 | 285 | 2090 | 460 | 310 | 765 | 360 | 320 |
| 4 | 965 | 350 | 965 | 670 | 315 | 275 | 265 |
| 5 | 350 | 265 | 1170 | 470 | 335 | 385 | 430 |
| 6 | 545 | 245 | 415 | 255 | 295 | 760 | 270 |
| 7 | 945 | 2025 | 555 | 210 | 480 | 525 | 140 |
| Mittel | 579 | 2307 | 817 | 342 | 430 | 560 | 420 |
| Std.abw. | 251 | 3550 | 454 | 156 | 149 | 214 | 334 |

C H R O M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 | 20-60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 228 | 247 | 216 | 182 | 55 | 82 | 149 |
| 2 | 232 | 271 | 135 | 136 | 45 | 74 | 97 |
| 3 | 184 | 249 | 121 | 157 | 38 | 58 | 72 |
| 4 | 141 | 150 | 144 | 151 | 31 | 41 | 114 |
| 5 | 286 | 195 | 151 | 140 | 58 | 63 | 164 |
| 6 | 167 | 148 | 144 | 140 | 188 | 32 | 80 |
| 7 | 201 | 209 | 126 | 149 | 67 | 62 | 102 |
| Mittel | 206 | 210 | 148 | 151 | 69 | 59 | 111 |
| Std.abw. | 44 | 45 | 29 | 14 | 50 | 16 | 32 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 | 20-60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 93 | 133 | 134 | 100 | 39 | 26 | 75 |
| 2 | 100 | 400 | 88 | 74 | 29 | 29 | 74 |
| 3 | 91 | 970 | 76 | 89 | 24 | 36 | 43 |
| 4 | 72 | 105 | 110 | 130 | 11 | 25 | 58 |
| 5 | 115 | 100 | 96 | 182 | 52 | 21 | 79 |
| 6 | 78 | 77 | 100 | 79 | 18 | 18 | 45 |
| 7 | 100 | 120 | 91 | 85 | 51 | 35 | 63 |
| Mittel | 94 | 274 | 100 | 106 | 32 | 27 | 62 |
| Std.abw. | 14 | 302 | 17 | 36 | 15 | 6 | 13 |

Q U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 | 20-60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.5 | 0.6 | 0.2 |
| 2 | 7.5 | 0.3 | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 0.2 |
| 3 | 1.1 | 0.6 | 0.8 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 7.1 |
| 4 | 2.5 | 0.9 | 0.7 | 7.1 | 0.2 | 0.2 | 2.7 |
| 5 | 5.2 | 0.5 | 3.3 | 1.6 | 0.2 | 0.4 | 0.4 |
| 6 | 1.3 | 0.5 | 0.5 | 0.9 | 0.6 | 0.2 | 0.3 |
| 7 | 2.7 | 1.5 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.6 |
| Mittel | 3.5 | 0.7 | 1.2 | 1.7 | 0.4 | 0.4 | 1.6 |
| Std.abw. | 2.1 | 0.4 | 0.9 | 2.2 | 0.2 | 0.1 | 2.4 |

E I S E N AAS (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 | 20-60 | 60-100 | Leicht | Schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3680 | 3970 | 8310 | 4260 | 4850 | 3240 | 11180 |
| 2 | 3600 | 10150 | 6620 | 4120 | 3310 | 2800 | 4700 |
| 3 | 4260 | 6470 | 7500 | 4410 | 2350 | 4120 | 2870 |
| 4 | 5590 | 5440 | 10730 | 6760 | 1400 | 2280 | 2570 |
| 5 | 3380 | 3970 | 6690 | 4120 | 4560 | 2210 | 8530 |
| 6 | 3970 | 2940 | 9410 | 2570 | 2130 | 2500 | 4560 |
| 7 | 18230 | 7210 | 10440 | 3820 | 3240 | 2430 | 2650 |
| Mittel | 6101 | 5736 | 8529 | 4294 | 3120 | 2797 | 5306 |
| Std.abw. | 4997 | 2278 | 1577 | 1156 | 1174 | 630 | 3075 |

Dusslingen, Probenahme Feinaufbereitung 4.7.86

Wassergehalt %

| Proben-nummer | Kompost K.besch. | Sieb-rest | Kompost n.Sieb. | Hart-stoffe | Kompost leicht | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 32.9 | 19.8 | 38.9 | 7.3 | 28.1 | 34.8 |
| 2 | 26.3 | 15.2 | 38.6 | 6.1 | 27.6 | 37.7 |
| 3 | 26.0 | 33.3 | 33.8 | 6.6 | 27.7 | 48.1 |
| 4 | 28.2 | 14.3 | 34.9 | 10.1 | 35.6 | 48.6 |
| 5 | 26.2 | 19.1 | 32.4 | 13.7 | 30.0 | 32.9 |
| 6 | 30.7 | | | | | |
| 7 | 25.6 | | | | | |
| 8 | 25.6 | | | | | |
| 9 | 29.2 | | | | | |
| 10 | 23.9 | | | | | |
| Mittel | 27.5 | 20.3 | 35.7 | 8.8 | 29.8 | 40.4 |
| Stdabw. | 2.6 | 6.8 | 2.6 | 2.8 | 3.0 | 6.7 |

B L E I (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost K.besch. | Sieb-rest | Kompost n.Sieb. | Hart-stoffe | Kompost leicht | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 232 | 664 | 285 | 1100 | 298 | 270 |
| 2 | 185 | 2195 | 402 | 1640 | 320 | 278 |
| 3 | 203 | 466 | 224 | 334 | 294 | 222 |
| 4 | 269 | 113 | 241 | 522 | 257 | 239 |
| 5 | 255 | 163 | 254 | 380 | 272 | 265 |
| 6 | 283 | 2040 | | | | |
| 7 | 185 | 229 | | | | |
| 8 | 302 | 368 | | | | |
| 9 | 1534 | 165 | | | | |
| 10 | 318 | 138 | | | | |
| Mittel | 377 | 654 | 281 | 795 | 288 | 255 |
| Stdabw. | 388 | 751 | 64 | 503 | 22 | 21 |

K U P F E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost K.besch. | Sieb-rest | Kompost n.Sieb. | Hart-stoffe | Kompost leicht | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 488 | 67 | 176 | 314 | 195 | 184 |
| 2 | 600 | 476 | 165 | 340 | 191 | 164 |
| 3 | 1655 | 625 | 161 | 379 | 180 | 153 |
| 4 | 9480 | 4720 | 147 | 283 | 164 | 148 |
| 5 | 2015 | 175 | 223 | 2810 | 176 | 174 |
| 6 | 373 | 44 | | | | |
| 7 | 3645 | 58 | | | | |
| 8 | 3200 | 427 | | | | |
| 9 | 3220 | 910 | | | | |
| 10 | 567 | 300 | | | | |
| Mittel | 2524 | 780 | 174 | 825 | 181 | 165 |
| Stdabw. | 2606 | 1340 | 26 | 993 | 11 | 13 |

C A D M I U M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost K.besch. | Sieb-rest | Kompost n.Sieb. | Hart-stoffe | Kompost leicht | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 1.5 | 3.1 | 2.5 |
| 2 | 2.9 | 14.9 | 2.5 | 1.9 | 3.3 | 2.4 |
| 3 | 1.9 | 7.8 | 2.5 | 1.8 | 3.5 | 2.9 |
| 4 | 2.2 | 8.2 | 2.7 | 1.5 | 3.0 | 3.0 |
| 5 | 2.4 | 34.0 | 2.3 | 1.5 | 3.3 | 2.9 |
| 6 | 13.6 | 4.6 | | | | |
| 7 | 5.8 | 9.4 | | | | |
| 8 | 11.9 | 3.1 | | | | |
| 9 | 4.6 | 6.5 | | | | |
| 10 | 2.5 | 10.0 | | | | |
| Mittel | 5.0 | 10.1 | 2.5 | 1.6 | 3.2 | 2.7 |
| Stdabw. | 4.0 | 8.7 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |

Z I N K (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost K.besch. | Sieb-rest | Kompost n.Sieb. | Hart-stoffe | Kompost leicht | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 431 | 213 | 623 | 322 | 686 | 634 |
| 2 | 637 | 923 | 650 | 365 | 724 | 639 |
| 3 | 1006 | 512 | 665 | 477 | 669 | 575 |
| 4 | 515 | 960 | 610 | 364 | 641 | 625 |
| 5 | 489 | 865 | 612 | 365 | 688 | 677 |
| 6 | 450 | 221 | | | | |
| 7 | 830 | 1023 | | | | |
| 8 | 776 | 352 | | | | |
| 9 | 828 | 640 | | | | |
| 10 | 577 | 1013 | | | | |
| Mittel | 646 | 672 | 632 | 379 | 682 | 630 |
| Stdabw. | 194 | 311 | 22 | 52 | 27 | 33 |

C H R O M (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost K.besch. | Sieb-rest | Kompost n.Sieb. | Hart-stoffe | Kompost leicht | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 243 | 172 | 112 | 230 | 82 | 93 |
| 2 | 202 | 216 | 88 | 218 | 93 | 87 |
| 3 | 252 | 207 | 102 | 213 | 86 | 90 |
| 4 | 234 | 259 | 77 | 212 | 78 | 79 |
| 5 | 202 | 169 | 89 | 215 | 88 | 73 |
| 6 | 232 | 192 | | | | |
| 7 | 211 | 196 | | | | |
| 8 | 195 | 222 | | | | |
| 9 | 233 | 217 | | | | |
| 10 | 176 | 214 | | | | |
| Mittel | 218 | 206 | 94 | 218 | 85 | 84 |
| Stdabw. | 23 | 25 | 12 | 7 | 5 | 7 |

N I C K E L (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost K.besch. | Sieb-rest | Kompost n.Sieb. | Hart-stoffe | Kompost leicht | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 152 | 103 | 76 | 151 | 60 | 64 |
| 2 | 115 | 127 | 63 | 144 | 69 | 57 |
| 3 | 177 | 119 | 66 | 157 | 61 | 62 |
| 4 | 142 | 178 | 54 | 134 | 60 | 56 |
| 5 | 184 | 98 | 60 | 164 | 67 | 58 |
| 6 | 155 | 114 | | | | |
| 7 | 126 | 117 | | | | |
| 8 | 127 | 130 | | | | |
| 9 | 146 | 141 | | | | |
| 10 | 105 | 130 | | | | |
| Mittel | 143 | 126 | 64 | 150 | 63 | 61 |
| Stdabw. | 24 | 21 | 7 | 10 | 4 | 4 |

Q U E C K S I L B E R (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost K.besch. | Sieb-rest | Kompost n.Sieb. | Hart-stoffe | Kompost leicht | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.5 | 3.7 | 1.5 | 1.1 | 3.7 | 1.7 |
| 2 | 0.8 | 5.7 | 1.4 | 0.4 | 3.4 | 1.6 |
| 3 | 7.2 | 4.7 | 4.1 | 1.2 | 2.6 | 1.3 |
| 4 | 1.2 | 62.5 | 2.0 | 10.9 | 1.6 | 1.6 |
| 5 | 3.9 | 5.5 | 1.5 | 1.5 | 1.9 | 3.2 |
| 6 | 6.8 | 2.6 | | | | |
| 7 | 2.6 | 3.6 | | | | |
| 8 | 1.7 | 2.2 | | | | |
| 9 | 2.7 | 40.1 | | | | |
| 10 | 4.0 | 9.1 | | | | |
| Mittel | 3.2 | 14.0 | 2.1 | 3.0 | 2.6 | 1.9 |
| Stdabw. | 2.1 | 19.4 | 1.0 | 4.0 | 0.8 | 0.7 |

E I S E N (Angaben in mg/kg Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost K.besch. | Sieb-rest | Kompost n.Sieb. | Hart-stoffe | Kompost leicht | Kompost 0-8mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 21230 | 10140 | 14860 | 17690 | 16860 | 18040 |
| 2 | 14150 | 25940 | 19460 | 16980 | 17220 | 18870 |
| 3 | 22400 | 26180 | 14740 | 16390 | 16270 | 17330 |
| 4 | 15330 | 38680 | 16750 | 19690 | 14500 | 16150 |
| 5 | 24650 | 24760 | 16510 | 16630 | 19340 | 16160 |
| 6 | 37030 | 14150 | | | | |
| 7 | 16870 | 22760 | | | | |
| 8 | 12620 | 16270 | | | | |
| 9 | 18040 | 16270 | | | | |
| 10 | 11910 | 15920 | | | | |
| Mittel | 19423 | 21107 | 16464 | 17476 | 16838 | 17310 |
| Stdabw. | 7108 | 7851 | 1709 | 1191 | 1562 | 1062 |

Gluehverluste 17.1.86 Verfahrenshalle

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 a | < 20 b | 20 - 60 | 60-100 | leicht | schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 50.0 | 34.6 | 36.4 | 40.2 | 39.6 | 76.6 | 85.0 | 68.6 |
| 2 | 53.8 | 38.0 | 29.3 | 39.1 | 45.2 | 87.0 | 87.5 | 41.8 |
| 3 | 45.0 | 32.9 | 30.0 | 41.3 | 45.0 | 86.3 | 85.4 | 57.3 |
| 4 | 59.7 | 31.9 | 41.6 | 41.7 | 42.5 | 86.8 | 79.8 | 66.9 |
| 5 | 43.5 | 38.2 | 34.9 | 43.2 | 41.1 | 85.2 | 85.4 | 58.8 |
| 6 | 36.3 | 26.6 | 28.6 | 30.7 | 39.3 | 73.2 | 86.7 | 45.7 |
| 7 | 50.1 | 38.0 | 34.3 | 35.5 | 55.1 | 84.5 | 76.7 | 61.9 |
| Mittel | 48.3 | 34.3 | 33.6 | 38.8 | 44.0 | 82.8 | 83.8 | 57.3 |
| Stdabw. | 7.0 | 4.0 | 4.3 | 4.0 | 5.0 | 5.1 | 3.7 | 9.4 |
| Stdabw % | 14.5 | 11.5 | 12.9 | 10.3 | 11.5 | 6.2 | 4.4 | 16.4 |

Gluehverluste Feinaufbereitung 19.3.86

| Proben-nummer | Komp. Kastenb. | Sieb-rest | Komp. n.Sieb. | Hart-stoffe | Komp. 0-8 mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 24.8 | n.b. | 41.1 | 9.4 | 47.6 |
| 2 | 25.5 | 12.1 | 41.0 | 8.7 | 50.6 |
| 3 | 25.7 | n.b. | 34.9 | 10.0 | 49.1 |
| 4 | 22.5 | n.b. | 40.5 | 12.2 | 52.1 |
| 5 | 25.9 | n.b. | 40.3 | 7.5 | 53.3 |
| Mittel | 24.9 | 12.1 | 39.6 | 9.6 | 50.5 |
| Stdabw. | 1.2 | 0.0 | 2.3 | 1.6 | 2.0 |
| Stdabw % | 5.0 | 0.0 | 5.9 | 16.3 | 4.0 |

Gluehverluste Verfahrenshalle 27.5.86

| Proben-nummer | < 100 | < 60 | < 20 | 20-60 | 60-100 | leicht | schwer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 47.5 | 41.4 | 35.9 | 44.4 | 77.5 | n.b. | 60.2 |
| 2 | 40.5 | 32.4 | 35.4 | 51.6 | n.b. | 80.5 | n.b. |
| 3 | 47.9 | 30.5 | 45.8 | 42.6 | 78.7 | 70.4 | 63.0 |
| 4 | 58.6 | 40.5 | 35.6 | 41.4 | 86.7 | 80.7 | 58.4 |
| 5 | 29.4 | 40.1 | 36.9 | 49.2 | 78.3 | 78.2 | n.b. |
| 6 | 61.0 | 47.9 | 36.6 | 43.8 | 86.7 | 77.9 | 55.0 |
| 7 | 31.4 | 31.5 | 38.8 | 26.4 | 75.2 | 70.4 | 39.7 |
| Mittel | 45.2 | 37.8 | 37.9 | 42.8 | 80.5 | 76.4 | 55.3 |
| Stdabw. | 11.4 | 6.0 | 3.4 | 7.5 | 4.5 | 4.3 | 8.2 |
| Stdabw % | 25.1 | 15.8 | 9.0 | 17.5 | 5.6 | 5.6 | 14.8 |

Gluehverlust Feinaufbereitung 4.7.86

| Proben-nummer | Kompost Kastenb. | Sieb-rest | Kompost n. Sieb. | Hart-stoffe | Kompost 0-8 mm | Kompost leicht |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 30.6 | 19.2 | 50.1 | 5.3 | 55.2 | 50.7 |
| 2 | 37.5 | 33.1 | 51.4 | 4.5 | 48.5 | 52.7 |
| 3 | 36.9 | 26.9 | 47.4 | 4.8 | 54.0 | 52.3 |
| 4 | 34.9 | 24.8 | 51.1 | 10.4 | 51.9 | 55.7 |
| 5 | 35.6 | 29.1 | 49.5 | 10.1 | 55.2 | 57.9 |
| 6 | 40.2 | 17.9 | | | | |
| 7 | 37.4 | 26.4 | | | | |
| 8 | 29.7 | 20.6 | | | | |
| 9 | 34.3 | 17.7 | | | | |
| 10 | 36.9 | 18.6 | | | | |
| Mittel | 35.4 | 23.4 | 49.9 | 7.0 | 53.0 | 53.9 |
| Stdabw. | 3.0 | 5.1 | 1.4 | 2.7 | 2.5 | 2.6 |
| Stdabw % | 8.6 | 21.8 | 2.9 | 37.8 | 4.8 | 4.8 |

Probenahme Verfahrenshalle 27.5.1985

C H L O R (Angaben in Prozent Trockensubstanz)

| Proben-nummer | < 100 | 60-100 | PLM Leicht | PLM Schwer | < 60 | < 20 | 20-60 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.37 | 0.36 | 0.97 | 1.35 | 0.39 | 0.17 | 0.48 |
| 2 | 0.39 | 0.40 | 1.75 | 0.23 | 0.32 | 0.12 | 0.46 |
| 3 | 0.73 | 0.75 | 0.90 | 0.37 | n.b. | 0.24 | 0.37 |
| 4 | 0.77 | 0.85 | 0.80 | 0.91 | 0.25 | 0.15 | 0.42 |
| 5 | n.b. | 0.52 | 1.72 | 1.22 | 0.52 | 0.24 | 0.40 |
| 6 | 1.37 | 0.62 | 1.37 | 1.50 | 0.32 | 0.23 | 0.49 |
| 7 | n.b. | 0.55 | 0.46 | 0.75 | n.b. | 0.21 | 0.27 |
| Mittel | 0.73 | 0.58 | 1.14 | 0.90 | 0.36 | 0.19 | 0.41 |
| Stdabw. | 0.36 | 0.16 | 0.45 | 0.45 | 0.09 | 0.04 | 0.07 |

n.b. Bestimmung wird gestoert

Probenahme Feinaufbereitung 4.7.87

C H L O R (Angaben in Prozent Trockensubstanz)

| Proben-nummer | Kompost Kastenb | Sieb-rest | Kompost n.Sieb. | Hart-stoffe | Kompost 0-8mm | Kompost leicht |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.34 | n.b. | 0.36 | < 0.01 | 0.46 | 0.47 |
| 2 | 0.29 | 0.47 | 0.46 | < 0.01 | 0.42 | 0.50 |
| 3 | 0.30 | n.b. | 0.50 | < 0.01 | 0.50 | n.b. |
| 4 | 0.45 | 0.22 | 0.44 | < 0.01 | 0.45 | 0.13 |
| 5 | 0.68 | n.b. | 0.50 | < 0.01 | 0.59 | 0.52 |
| 6 | 0.99 | 0.30 | | | | |
| 7 | 0.25 | 1.16 | | | | |
| 8 | 0.41 | 0.27 | | | | |
| 9 | 0.44 | n.b. | | | | |
| 10 | 1.04 | n.b. | | | | |
| Mittel | 0.52 | 0.48 | 0.45 | < 0.01 | 0.48 | 0.41 |
| Stdabw. | 0.27 | 0.35 | 0.05 | | 0.06 | 0.16 |

## 8. L I T E R A T U R


1. Bundesweite Hausmüllanalyse 1979/80, Argus-Arbeitsgruppe Umweltstatistik TU Berlin (1981), Forschungsbericht 10303502
2. Scheffer, F., Schachtschabel, P., Lehrbuch der Bodenkunde, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart (1984)
3. Jäger, B., Handbuch : Müll und Abfallbeseitigung, Straub,H., Hösel, G., Schenkel, W., (Hrsg), Erich Schmidt, Berlin, 1720: 1-31 (1965)
4. Merkblatt M 10, Qualitätskriterien und Anwendungsempfehlungen für Kompost aus Müll und Müll/Klärschlamm, Müllhandbuch 6856 (1985), Erich Schmidt Verlag Berlin
5. Compte rendu d' activite 1983 du S.A.T.U.C. , Compost Information no.16 (1984) 10-18
6. Krauß, P., Blessing R., Korherr U., Heavy metals in compost from municipal refuse. Strategies to reduce their content to acceptable levels.
   in : Compost: Production, Quality and Use 254-265
   Symposium organized by the Commission of the European Communities, Udine, Italy (1986)
7. Feuereißen, S., Belastbarkeit von Böden mit Schwermetallen aus Klärschlamm (1986) Eugen Ulmer Verlag Stuttgart
8. Kampe, W., Forum Städte Hygiene 32 (1981) 36-40
9. Duggan, J. C., Wiles, C. C., Compost Sci. 17 (1976) 24-31
10. Chaney, R. L. et al., Proc. 1977 Nat. Conf. Composting of Municipal Residues and Sludges 86-97, Inform. Transfer, Inc., Rockville, Md. (1978)
11. Chaney, R. L., Proc. 1980 Spring Seminar on Sludge

Management in the Wash., D. C., Metropolitan Area, 19-23

12. Kazemi, A., Aufnahme von Blei, Cadmium und Zink durch Nahrungspflanzen aus einem mit Müll- und Müll/Klärschlamm-kompost kontaminierten Boden, Institut für Landschaftsbau, TU Berlin

13. Frei, J., ANS (Arbeitskreis für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfällen e. V.) 34. Informationsgespräch in Waldshut, Wiesbaden (1984)

14. Tabasaran, O., Müll und Abfall 16 (1984) 15-22

15. Bilitewski, B., Recyclinganlagen für Haus- und Gewerbeabfälle, Erich Schmidt Verlag

16. Bidlingmaier, W., Kranert M., Schweizer, M., Untersuchungen über die Schwermetalle im Hausmüll und deren Aufkonzentrierung in bestimmte Fraktionen und Stoffgruppen durch verfahrenstechnische Maßnahmen. Bericht Universität Stuttgart, Dezember 1982

17. Hagenmaier, H., Krauß, P. : Schadstoffuntersuchungen im Rahmen des F+E-Vorhabens "Getrennte Sammlung von Wertstoffen und Sonderabfällen dargestellt am Beispiel Ravensburg". Bericht erstellt im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Forsten, Baden-Württemberg und des Umweltbundesamts (1984)

18. Krauß, P., Blessing, R., Schwermetalle im Kompost: Identifizierung der Quellen für die Schwermetalle Blei, Kupfer und Zink in Komposten. Bericht erstellt im Auftrag des MELUF Baden-Württemberg (1985) O.Nr. 77-8350

19. Krauß, P., Das ORFA-Verfahren, Schwermetallflüsse, Einfluß der einzelnen Verfahrensstufen, Gutachtliche Stellungnahme Mai 1985

20. Hagenmaier, H., Krauß, P., Zur Bindungsform von Blei, Kupfer, Zink, Cadmium und Quecksilber in Hausmüll und Hausmüllkomposten. Ein Schlüssel zur Schwermetallreduktion. Referatesammlung zum 4. abfallwirtschaftlichen Fachkolloquium, 26. u. 27.4.1984, Saarbrücken

21. Korherr, U., Untersuchungen über die Schwankungsbreiten von Schwermetallen in Müll-Klärschlammkomposten der Kompostwerke Heidenheim und Leibstadt, Diplomarbeit Tübingen 1985

22. Schalekamp, M., Die Erfahrungen mit Ozon in der Schweiz, speziell hinsichtlich der Veränderung von hygienisch bedenklichen Inhaltsstoffen, 31-69 Internationenales Symposium Ozon und Wasser 1977, Jahrestagung der Fachgruppe Wasserchemie in der GdCH

23. Burchard, H., Bauch, H., Über Versuche, stark riechende oder schädliche Abwässer mit Ozon zu verbessern, Wasser, Luft und Betrieb 14, (1970) 134-137

24. Jürs, R. M., Die Wirkung des Ozons auf im Wasser gelöste Stoffe. Fortschritte der Wasserchemie und ihrer Grenzgebiete 4, (1966) 40-64

25. Gilbert, E., Über den Abbau von organischen Schadstoffen im Wasser durch Ozon. Vom Wasser 43 ,(1974) 275-290

26. Bauer, U., Das Verhalten von einigen Herbiziden und Insektiziden bei der Aufbereitung von Oberflächenwasser zu Trinkwasser. Vom Wasser 39 ,(1972) 161-187

27. Brower, G. R.,: Ozonisation reactions of selected pesticides for water pollution abatement. Dissertation. Washington University, St. Louis, Mo./USA (1967)

28. Hoffmann, J.: Zur Ozon-Einwirkung auf Pestizide der Chlorkohlenwasserstoffgruppe unter Berücksichtigung der Ober-

flächenwasseraufbereitung für die Trinkwasserversorgung. Dissertation. München 1971

29. Bauer, U., gwf- Wasser/Abwasser 113, (1972) 58-63

30. Brunner, H., Ein neues Verfahren zur Aufarbeitung pestizid- und PCB-haltiger Umweltproben, Diplomarbeit Tübingen 1983

31. Law. L. M., Goerlitz, D. F., Selected chlorinated hydrocarbons in bottom material from streams tributary to San Francisko bay, Pestic. Monitor. J.,8, 33-36 (1974)

32. Lopes-Avila, V., et al., Development of methods for the analysis of extractable organic priority pollutants in municipal and industrial wastewater sludge, in Keith, L. H., Advances in the identifikation and analysis of organic pollutants in water, Vol. 2, 793-828, Ann Arbor 1981

33. Beyer H., Walter, W., Lehrbuch der organischen Chemie, S. Hirzel Verlag Stuttgart 1984

34. Christen, H. R., Grundlagen der organischen Chemie, Otto Salle Verlag Frankfurt/M 1985

35. Weil, L., Struif, B., Quentin K.-E., Reaktionsmechanismen beim Abbau organischer Substanzen im Wasser mit Ozon, 294 - 307, Internationales Symposium Ozon und Wasser 1977, Jahrestagung der Fachgruppe Wasserchemie in der GdCH

36. Hoigne, J., Bader, H., Kinetik und Selektivität der Ozonung organischer Stoffe in Trinkwasser, ebenda, 261-276

37. Glaze, W. H., Drinking-water treatment with ozone, Environ. Sci. Technol.,21, 224-230 (1987)

38. Hoigne, J., Bader, H., Rate constants of reactions of ozone with organic and inorganic compounds in water - I. Water Res. 17, 173-183 (1983)

39. Hoigne, J., Bader, H., Rate constants of reactions of ozone with organic and inorganic compounds in water - II. Water Res. 17, 185-194 (1983)

40. Blessing, R., Untersuchungen der Schwermetallgehalte in Müll-Klärschlammkomposten der Kompostwerke Heidenheim und Singen, Diplomarbeit Tübingen 1984

41. Krauß, P., Blessing, R., Bericht über die "Effektivität eines Rollgutabscheiders der Firma MUT zur Eliminierung von Inertstoffen und Schwermetallen aus der Kompostrohmasse (20-60mm) nach der Homogenisierungstrommel im WHW Dußlingen, Erstellt im Auftrag der Saarberg-Fernwärme GmbH 1987

42. Sachs, L., Angewandte Statistik, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1984

43. Doerffel, K., Statistik in der analytischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim 1984

44. Kraft, G., Probenahme, theoretische Grundlagen der Probenahme, Vortrag beim 9. Metallurgischen Seminar des Fachausschusses für Metallhüttenmännische Ausbildung der GDMB Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute, Heft 36, Verlag Chemie, Weinheim 1980

45. Welz, B., Atomabsorptionsspektroskopie, Verlag Chemie, Weinheim 1884

46. E. P. A., Methods for chemical analysis of water and wastes, United States Environmental Protection Agency, Cincinaty Ohio/USA 1979

47. Brunner, H., loc. cit. 30.

48. Schöniger, W., Schnellbestimmung von Elementen in organischen Substanzen, Mikrochim. Acta 1955, 123 und 1956, 860

49. Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser, Abwasser und Schlamm-

untersuchung DIN 38402 Teil 42 (1982)

50. Regierungspräsidium Stuttgart (1982) Planfeststellungsbeschluß "Kompostwerk Rems-Murr-Kreis"

51. Regierungspräsidium Tübingen (1981) Planfeststellungsbeschluß "Abfallverwertungsanlage Reutlingen Tübingen"

52. Furrer, O., Abfallverwertung- ein Beitrag der Landwirtschaft zur Lösung von Umweltproblemen, Schweiz. Landwirtsch. Forschung 23, 269 (1984)

53. Schäffler, M., Schwermetalle in Kompostrohmasse und Feinfraktion des Wertstoff- und Humuswerkes Dußlingen, Diplomarbeit FH Reutlingen 1986

54. Krauß, P., Bewertung des ORFA-Verfahrens, Gutachten im Auftrag der Neu-Europa, Hitec&Biotec Mai 1987

55. Krauß, P., Bericht zur Testverarbeitung von Hausmüll der Gemeinde Nußbaumen in der Anlage der ORFA-AG (Leibstadt). HAZEMAG-PARALLELVERSUCH, Mai 1986 im Auftrag der ORFA-AG

56. Sickinger, R., Saarberg-Fernwärme GmbH, persönliche Mitteilung

57. Mitteilung der ORFA-AG Leibstadt

Meine akademischen Lehrer waren:

E. Bayer, H. Eckstein, G. Gauglitz, J. Gelinek, G. Häfelinger, H. Hagenmaier, M. Hanack, V.Hoffmann, G. Jung, S. Kemmler-Sack, P. Krauß, E. Lindner, I.P. Lorenz, H. Oberhammer, D. Oelkrug, H. Pauschmann, G. Pausewang, W. Rundel, F.F. Seelig, J. Strähle, H. Suhr, W. Voelter, W. Zeil

## Lebenslauf

Geboren am 12.4.1953 als erstes Kind des techn. Angestellten Eberhard Blessing und seiner Frau Gertrud in Hozgerlingen.

Einschulung 1960 in der Grundschule Holzgerlingen.

1964 Wechsel auf die Realschule Holzgerlingen.

Mittlere Reife 1970.

1970-1971 Besuch der Burlington High School, Burlington, Vermont USA.

1971-1974 Besuch des Technischen Gymnasiums Sindelfingen.

Abitur im Juni 1974.

Aufnahme des Chemiestudiums an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen zum Wintersemester 1974/75.

Vordiplomprüfung im Wintersemester 1976/77.

Mündliche Diplomhauptprüfung im März und April 1984.

Von Mai bis Dezember 1984 Diplomarbeit bei Prof. Dr. P. Krauß zum Thema "Untersuchungen der Schwermetallgehalte in Müll-Klärschlammkomposten der Kompostwerke Heidenheim und Singen".

Ab Januar 1985 bis April 1987 experimenteller Teil der Doktorarbeit bei Prof. Dr. P. Krauß "Über die Effektivität von Aggregaten bei der Müllaufbereitung".